Ueber den feineren Bau der

Wimperapparate der Infusorien.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Hermann Nicolaus Maier
aus Stuttgart.

Jena.
Verlag von Gustav Fischer.
1902.

Ueber den feineren Bau der

Wimperapparate der Infusorien.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Hermann Nicolaus Maier
aus Stuttgart.

Jena.
Verlag von Gustav Fischer.
1902.

Von der Fakultät angenommen am 1. März 1902.

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Tübingen.)

Über den feineren Bau der Wimperapparate der Infusorien.

Von

Hermann Nicolaus Maier,

Assistent an der Kgl. Biologischen Anstalt auf Helgoland.

(Hierzu Tafel I u. II.)

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung . . . . . 74 [4]
Untersuchungsmethode . . . . . 76 [6]

Spezieller Teil.

Opalina . . . . . 78 [8]
Prorodon . . . . . 82 [12]
Chilodon . . . . . 85 [15]
Coleps . . . . . 87 [17]
Glaucoma . . . . . 89 [19]
Paramaecium . . . . . 91 [21]
Ophryoglena . . . . . 96 [26]
Nyctotherus . . . . . 97 [27]
Bursaria . . . . . 100 [30]
Stentor . . . . . 105 [35]
Spirostomum . . . . . 109 [39]
Stylonychia . . . . . 111 [41]
Carchesium . . . . . 114 [44]

Allgemeiner Teil.

I. Wimpereinrichtung.

A. Wimperapparate der Ciliaten.

Cilie . . . . . 119 [49]
Tastborste . . . . . 124 [54]

Seite
Undulierende Membran . . . . . 125 [55]
Membranelle . . . . . 128 [58]
Membranula . . . . . 137 [67]
Cirre . . . . . 138 [68]

B. Wimperapparate anderer cilientragender Zellen.

Metazoenflimmerzellen . . . . . 140 [70]
Flagellaten . . . . . 144 [74]
Algenschwärmsporen . . . . . 147 [77]

II. Basalkörperchenfrage.

A. Funktion der Basalkörperchen . . . . . 148 [78]
B. Entstehung derselben:
v. LENHOSSÉK-HENNEGUY'sche Hypothese . . . . . 156 [86]
Oberflächenlage der Centrosomen . . . . . 158 [88]
Centralgeißel . . . . . 159 [89]
Spermatogenese bei den Tieren . . . . . 160 [90]
Spermatogenese bei einigen Pflanzen . . . . . 163 [93]
Lichtbrechung und Färbbarkeit . . . . . 164 [94]
Centrosomen in Flimmerzellen . . . . . 166 [96]
Centrosomenballen (BENDA) . . . . . 168 [98]
Schlußfolgerung . . . . . 169 [99]
Litteraturverzeichnis . . . . . 171 [101]
Figurenerklärung . . . . . 176 [106]

Einleitung.

So gut wir auf der einen Seite über die feineren Strukturverhältnisse bei den Flimmerzellen der Metazoen, hauptsächlich über die Verbindung der Cilien mit dem Zellenleibe, unterrichtet sind, so unvollständig ist auf der anderen Seite unser Wissen über den feineren Bau des Wimperapparates der Protozoen, speziell der Infusorien.

Die eingehenden Untersuchungen ENGELMANN's (1880) sind es vor allem, denen wir unsere Kenntnis von der Cilieninsertion bei den Flimmerzellen der Metazoen verdanken. Durch seine grundlegende Arbeit wurde der Anstoß zu einer großen Zahl anatomischer und physiologischer Untersuchungen über die Wimpereinrichtungen gegeben. Es gelang bald, nach ENGELMANN's Vorgange bei den Flimmerzellen aus den verschiedenen Abteilungen der Metazoen nachzuweisen, daß die Cilien aus kleinen, regelmäßig in einfacher Schicht an der Zellperipherie gelagerten Körnchen ihren Ursprung nehmen. Diese Körnchen wurden von ENGELMANN „Fußstücke" genannt; jetzt ist die von APÁTHY (1897) aufgestellte Bezeichnung „Basalkörperchen"

die gebräuchlichere[1]) für diese Gebilde an der Wimperbasis geworden.

In den letzten Jahren erhielt nun die Frage über die Natur dieser Basalkörperchen, vor allem über deren Funktion und Entstehung, ein eigenartiges Gepräge dadurch, daß sie mit der Centrosomenfrage in Beziehung gebracht wurde. Im Jahre 1898 gelangten nämlich fast gleichzeitig v. Lenhossék (1898a) und Henneguy zu der Ansicht, daß wir in den Basalkörperchen Derivate der Centrosomen zu erblicken haben. Es erschienen nun zahlreiche Arbeiten für und gegen diese Hypothese, und auch jetzt ist die Frage über die Herkunft der Basalkörperchen noch nicht endgültig entschieden.

Es war daher von Interesse, von einer anderen Seite her einiges Licht auf diese Streitfrage zu werfen. Zu diesem Zwecke schlug mir Herr Professor Dr. Blochmann eine Untersuchung über den feineren Bau der Wimperapparate der Infusorien vor. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die im Verlaufe des Jahres 1901 auf dem zoologischen Institut der Universität Tübingen ausgeführt wurden, sind in dieser Arbeit niedergelegt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Blochmann, meinen aufrichtigen Dank für das mir stets entgegengebrachte Wohlwollen auszudrücken. Er hat von Anfang an diese Arbeit mit regem Interesse verfolgt und mir in schwierigen Fragen jederzeit seinen bewährten Rat zu teil werden lassen. Auch Herrn Professor Dr. Hesse fühle ich mich für seine vielfache Unterstützung zu großem Danke verpflichtet.

Ehe ich an die Darstellung meiner Resultate selbst herangehe, möchte ich einige Bemerkungen über die Art der Behandlung der zu untersuchenden Frage vorwegnehmen.

Es sollen zunächst einige Worte über die angewendeten Untersuchungsmethoden vorausgeschickt werden. Die Arbeit selbst teile ich sodann in einen speziellen und einen allgemeinen Teil.

In dem speziellen Teile will ich bei jeder von mir untersuchten Infusorienform in einem besonderen Abschnitt meine Ergebnisse über den „Wimperapparat“ schildern. Daran schließt sich dann noch jedesmal ein Abschnitt über „Morphologisches“, in welchem verschiedene Beobachtungen über den Körperbau des betreffenden Tieres,

---

[1]) Die von Webber (1897b) stammende und von Studnička (1899) in die tierische Histologie eingeführte Bezeichnung „Blepharoplasten“ möchte ich aus später (cfr. p. 148) zu erwähnenden Gründen nicht anwenden.

die sich im Verlaufe meiner Untersuchungen gewissermaßen nebenbei ergaben, angeführt werden sollen. Bei der Beschreibung der einzelnen Infusorien halte ich mich im großen Ganzen an die systematische Reihenfolge, indem ich zunächst holotriche, dann heterotriche, ferner hypotriche und schließlich peritriche Formen schildern will. Innerhalb der einzelnen Ordnungen aber weiche ich manchmal von der Systematik ab. So stelle ich z. B. an die Spitze meiner Einzelbeschreibungen die Befunde bei Opalina, weil sich bei dieser Form die zu schildernden Wimpereinrichtungen am einfachsten darstellen lassen.

In dem allgemeinen Teile meiner Arbeit sollen in einem ersten Abschnitt die verschiedenen Wimperapparate der Infusorien behandelt und daran eine Vergleichung der in dieser Arbeit gewonnenen Resultate mit den Befunden an anderen bewimperten Zellen angeschlossen werden. Ein zweiter Abschnitt soll sich sodann speziell mit den Basalkörperchen und zwar besonders mit ihrer Funktion und ihrer Entstehung befassen.

Untersuchungsmethode.

Das diesen Untersuchungen zu Grunde liegende Material stammt teils aus Tümpeln, Wassergräben, Brunnen und Altwassern in der Umgebung von Tübingen, teils aus zu diesem Zwecke angelegten Heuinfusionen, teils aus dem Rectuminhalt von Amphibien.

Bei der Untersuchung im Leben verfuhr ich in der für das Studium der Protozoen üblichen Weise, indem ich die Tiere mit einem Tropfen Wasser auf den Objektträger brachte und durch vorsichtiges Aufdrücken eines mit „Wachsfüßchen“ versehenen Deckgläschens festlegte. Durch Abtöten mit Osmiumsäuredämpfen und nachherige Behandlung mit fünfprozentiger Sodalösung nach der von SCHEWIAKOFF (1889, p. 7) vorgeschlagenen Methode wurde das Studium der Wimpereinrichtungen oft wesentlich erleichtert. In denjenigen Fällen aber, wo es sich um die Feststellung der Beziehungen der Wimperapparate zum Plasmaleibe handelte, reichte diese Methode nicht aus, und ich war genötigt, zu diesem Zwecke Mikrotomschnitte anzufertigen; ihnen verdanke ich in erster Linie die gewonnenen Resultate.

Die Fixierung geschah bei größeren Infusorien, die mit unbewaffnetem Auge noch sichtbar waren, so, daß ich dieselben einzeln mit der Pipette fing und in die Fixierungsflüssigkeit brachte, bis sich eine größere Menge der Tiere am Boden des Gefäßes angesammelt

hatte. Bei kleineren Arten verfuhr ich dagegen in der Weise, daß ich einen Teil des Wassers, resp. der Infusion mit der gleichen Quantität Fixierungsflüssigkeit versetzte und diese Mischung mit einer kleinen Centrifugalmaschine ausschleuderte, wodurch sich am unteren Ende des Gläschens ein aus den abgetöteten Tieren bestehendes Sediment bildete. Als Fixierungsflüssigkeit leistete mir die besten Dienste kalter Sublimatalkohol (1 Teil Alk. abs. auf 2 Teile einer 5 %igen Lösung von Sublimat in 0,6 %iger Kochsalzlösung). Wo es sich um eine gute Darstellung der plasmatischen Strukturen handelte, wurde die starke Flemming'sche Lösung mit bestem Erfolge angewendet.

Zur Härtung wurden die fixierten Tiere mit der Pipette von oben her in ein ca. 10—15 mm langes und ca. 2—3 mm weites Glasröhrchen, dessen unteres Ende durch einen Pfropf von Farnkrautwolle verschlossen war, einngefüllt und dann auch das obere Ende des gefüllten Röhrchens auf dieselbe Art geschlossen. Nun wurde das Glasröhrchen in der üblichen Weise zunächst in 30 %igen Alkohol und bei allmählicher Steigerung des Prozentgehaltes schließlich in absoluten Alkohol übergeführt. Von da kam es in Chloroform, Chloroformparaffin und endlich in reines, geschmolzenes Paraffin, wobei es senkrecht aufgestellt und der obere Farnkrautwollepfropf weggenommen wurde, um das Entweichen der Chloroformdämpfe zu ermöglichen. So blieb es einige Zeit im Wärmeschrank stehen.

Die Einbettung ging in folgender Weise vor sich. Das Glasröhrchen wurde aus dem Wärmeschrank herausgenommen und das Paraffin in ihm erstarren gelassen. Mit Hilfe eines zurechtgeschnittenen Holzstückchens (Streichholz) wurde dann der Inhalt des Röhrchens aus diesem herausgedrückt, wenn nötig, unter schwacher Erwärmung in der Hand. Auf diese Weise hatte ich einen kleinen Paraffincylinder, der die zu untersuchenden Tiere in großer Menge enthielt. Inzwischen wurde in ein Uhrschälchen geschmolzenes Paraffin ausgegossen und erkalten gelassen. In dem erstarrten Paraffin wurde dann vermittelst eines heißen Metalldrahtes längs einer Linie das Paraffin flüssig gemacht, in dasselbe der die Tiere enthaltende Paraffincylinder eingelegt und das Ganze erkalten gelassen. Ich konnte nun mein Material in üblicher Weise in Form eines prismatischen Blocks aus diesem Paraffin herausschneiden und in das Mikrotom einspannen. Von dieser Methode der Einbettung wurde Gebrauch gemacht, wenn die zu untersuchenden Infusorien sehr klein waren. Es wurden dann von dem Paraffinblock eine Anzahl Schnitte hergestellt, und man konnte bei der ungeheuren Menge von Tieren, die auf einem Schnitte getroffen waren, mit einiger Sicherheit darauf rechnen, daß

sie in jeder Richtung, vor allem aber einige quer und längs geschnitten wurden. Bei größeren Infusorien wurden die Tiere mit Erfolg einzeln eingebettet. Zu diesem Zwecke wurde der vom Paraffin durchdrungene Inhalt des Glasröhrchens in eine mit geschmolzenem Paraffin angefüllte Uhrschale ausgeleert. Dann wurden die einzelnen Tiere unter dem Präpariermikroskop orientiert, wobei Sorge zu tragen war, daß das Paraffin während dieser Manipulation nicht erstarrte. Die Orientierung gelang nach einiger Übung meist sehr gut, so daß ich im stande war, auf diese Weise Schnittserien in jeder Richtung herzustellen. Die Dicke der Schnitte betrug fast durchweg 1 μ und 3 μ; dickere Schnitte wurden nur ausnahmsweise dann angefertigt, wenn es sich darum handelte, Übersichtsbilder zu erhalten.

Zur Färbung benutzte ich fast ausschließlich das HEIDENHAIN-sche Eisenhämatoxylin nach Vorfärbung mit Bordeaux-R. Ich verfuhr dabei so, daß ich die mit destilliertem Wasser auf den Objektträger aufgeklebten Schnitte 6 Stunden lang in eine schwache Bordeaux-R.-Lösung brachte und dann mit Wasser abspülte. Hierauf wurden sie 12 Stunden in einer 3 %igen Eisenalaunlösung gebeizt, dann 10 Minuten in fließendem Leitungswasser abgewaschen und auf 24 Stunden in HEIDENHAIN'sches Hämatoxylin übergeführt. Das Differenzieren geschah unter dem Mikroskop (ZEISS, Oc. 6 und 12, Obj. C und D) mit derselben 3 %igen Eisenalaunlösung. Wenn der gewünschte Grad der Differenzierung erreicht war, wurden die Schnitte ca. 20 Minuten in Leitungswasser ausgewaschen, dann in 30 % Alkohol und weiter bis zu absolutem Alkohol gebracht, in Xylol aufgehellt und in Dammarharz eingeschlossen. — Außerdem wurde häufig eine Vitalfärbung mit einer schwachen Neutralrotlösung (0,001 %ig, nach PÜTTER, 1900) angewendet, wodurch sich gewisse Plasmagebilde besonders gut darstellen ließen.

Spezieller Teil.

Opalina PURK. und VAL.

Fig. 1 a—c.

Wimperapparat: Die im Enddarm von Rana temporaria L. parasitierende Opalina ranarum STEIN läßt schon im Leben eine regelmäßige, schwach schraubenförmige Längsstreifung ihrer stark abgeplatteten Seitenflächen erkennen. Diese Längsstreifung rührt von feinen Furchen her, in welchen die sehr dicht stehenden, den

Körper gleichmäßig bedeckenden Cilien angeordnet sind. Auf mit Eisenhämatoxylin gefärbten Oberflächenschnitten fand ich nun im Verlaufe der Cilienfurchen je eine Reihe tief schwarz gefärbter Körperchen (Fig. 1 a, B). Über die Natur dieser Körperchen geben uns Schnitte, die parallel (Fig 1 b) oder noch besser senkrecht (Fig. 1 c) zu den Cilienfurchen ausgeführt worden sind, Aufschluß. Man findet dort, daß aus jedem der genannten schwarzen Körperchen (B) eine Cilie (C) ihren Ursprung nimmt. Demnach haben wir hier Gebilde vor uns, welche den bei den Flimmerzellen der Metazoen schon lange bekannten „Fußstückchen" Engelmann's (1880) oder, wie wir sie nach dem Vorgange Apáthy's (1897) nennen wollen, „Basalkörperchen" entsprechen. Die Form dieser Basalkörperchen ist bei Opalina ranarum Stein etwa eiförmig. Sie liegen im Corticalplasma (Co) an dessen Grenze gegen das äußere Ektoplasma (P + Al). Wie aus Fig. 1 b und 1 c hervorgeht, läßt sich die Cilie bis an das zugehörige Basalkörperchen in die Tiefe verfolgen; sie durchsetzt also einen Teil des Ektoplasmas. Diese Thatsache hatte schon Zeller (1877, p. 377) richtig erkannt; er schreibt nämlich von den Cilien, „daß sie unmittelbar aus dem Protoplasma der Rindenschicht hervorgehen und zwischen den Muskelfasern nach außen hindurchdringen". Später (Bütschli 1889, p. 1325) wurde die Durchbohrung des äußeren Ektoplasmas durch die Cilien bestritten, ist aber in neuerer Zeit von Tönniges (1898, p. 129) wieder bestätigt worden. Dieser Untersucher erwähnt auch (p. 128) „die kleinen, sich dunkler färbenden Punkte der Längsreihen", welche „die Basen der Wimpern darstellen". Wahrscheinlich lagen ihm hier die Basalkörperchen vor; doch spricht er selbst darüber sich nicht aus und zeichnet auch in seiner schematischen Textfigur nichts von solchen Gebilden. Nach Tönniges (p. 129—130) verlaufen „dicht unter der Pellicula sich kreuzende Fibrillen, auf deren Knotenpunkten die Wimpern stehen und deren Kontraktion vermutlich die Bewegung der Wimpern verursacht". Von einer solchen Einrichtung an der Basis der Cilien konnte ich nichts wahrnehmen. Auch scheint mir die Erklärung des Wimpermechanismus durchaus verfehlt. Darnach müßten die Cilien als starre Borsten durch Zugwirkungen an ihrer Basis passiv bewegt werden, während sie doch anerkanntermaßen eine autonome, also aktive Bewegung aufweisen, die auf einen Reiz von seiten des Plasmas zu erfolgen scheint.

Morphologisches: Über den Bau der verschiedenen Plasmaschichten des Opalinenkörpers möchte ich einige Bemerkungen anfügen. Was zunächst das Ektoplasma betrifft, so lassen sich hier

deutlich zwei Schichten unterscheiden. Die äußere Ektoplasmalage (P + Al) besitzt eine Mächtigkeit von ungefähr $^3/_4$ μ und erscheint durchaus homogen (Fig. 1 c); die scheinbare Streifung auf der Fig. 1 b verdankt ihre Entstehung den dichtstehenden Cilien, welche diese Oberflächenschicht durchbohren, und ist nicht etwa auf einen alveolären Bau zurückzuführen, wie deutlich ein Vergleich mit Fig. 1 c zeigt. Zuerst glaubte ich, in dieser äußeren Ektoplasmaschicht eine besonders starke Pellicula erblicken zu müssen. Allein das Studium anderer, ähnlichen Bau aufweisender Ciliaten (Nyctotherus) brachte mich zu der Ansicht, daß die in Frage stehende Ektoplasmalage der Pellicula und Alveolarschicht anderer Infusorien entspreche. Ähnliches vermutete auch BÜTSCHLI (1889, p. 1264) bei mehreren Ciliaten mit sog. „dicker Membran" (Nyctotherus, Balantidium, Dasytricha, Discophrya und auch Opalina), glaubte aber, daß wohl in allen diesen Fällen der Nachweis einer charakteristischen, wabig gebauten Alveolarschicht gelingen werde. Daß eine solche aber bei Opalina und, wie wir später sehen werden, auch bei Nyctotherus nicht vorhanden ist, glaube ich nach meinen Untersuchungen sicher annehmen zu dürfen.

Nun noch einige Worte über die eigentümliche Oberflächenstruktur dieser äußeren Ektoplasmaschicht! Wie unser Flächenschnitt (Fig. 1 a) zeigt, verlaufen zwischen je zwei Cilienfurchen zwei bis drei zu diesen parallele Furchen (F). Dadurch entstehen zwischen den Cilienreihen jedesmal drei bis vier Längsleisten. Der Querschnitt (Fig. 1 c), auf dem sich jede solche Längsleiste als papillenförmiger Fortsatz darstellt, erhält somit ein zinnenartiges Aussehen. Die einzelnen Längsleisten besitzen noch eine äußerst zarte oberflächliche Querstrichelung (Fig. 1 a), wodurch das ganze Bild sehr kompliziert wird. Die besprochene Ektoplasmaschicht faßte ZELLER (1877, p. 354, 377) als eine Lage eng an einander schließender „äußerst feinkörniger muskulöser Bänder" auf, die er durch Behandlung mit verdünnter Essigsäure von einander zu trennen vermochte. Sie sollten den Körper nach außen bedecken, während eine „Cuticula" ganz fehle. BÜTSCHLI (1889, p. 1264) wies mit Recht darauf hin, daß diese Lage muskulöser Bänder gerade die vermißte „Cuticula" vorstelle und an Myoneme nicht zu denken sei. Das „äußerst feinkörnige Ansehen" und die von ZELLER erwähnte Beobachtung, daß sich die zu einem zwischen zwei Cilienreihen befindlichen Körperstreifen entsprechenden Bänder noch „ein-, wohl auch zweimal" spalten lassen, dürfte vielleicht auf die oben beschriebene, feine Oberflächenstruktur dieser äußeren Ektoplasmaschicht zurückzuführen sein.

Die innere Ektoplasmalage (Co), zu deren Betrachtung wir uns nun wenden wollen, stellt eine 3—4 μ mächtige Schicht feinwabig gebauten Plasmas vor und ist gegen das äußere Ektoplasma durch eine scharfe Linie (Fig. 1 c) abgegrenzt. Wir haben sie als Corticalplasma anzusprechen. Dafür spricht neben ihrem direkten Übergang in das Endoplasma ihr Mangel an Inhaltskörpern, vor allem an Kernen, was ja nach Bütschli (1889, p. 1277) unter anderem als Charakteristikum für das corticale Ektoplasma gilt. Dieses Corticalplasma wurde schon von Zeller (1877, p. 355) als besondere Plasmaschicht unterschieden und als „Rindenparenchym" bezeichnet; nach ihm besteht es „aus einem völlig homogenen glashellen Protoplasma". Ich kann dagegen die Vermutung Bütschli's (1889, p. 1278), daß es sich hier, wie bei allem Corticalplasma, um einen sehr feinwabigen, alveolären Bau handle, vollkommen bestätigen. Wenn aber Tönniges (1898, p. 129) in seiner schematischen Textfigur diese Ektoplasmaschicht sehr grobvacuolär (an das Protoplasma von Pflanzenzellen oder an das Endoplasma mancher Infusorien, z. B. Bursaria oder Spirostomum erinnernd) zeichnet, während er das Endoplasma feinwabig darstellt, so stimmen hiermit meine Untersuchungen nicht überein. Ich fand, wie das auch meine Figuren (1 b und 1 c) erkennen lassen, das Corticalplasma stets ebenso feinwabig gebaut, wie das Endoplasma, und von diesem lediglich durch den Mangel an Inhaltskörpern unterschieden.

Das Endoplasma (En) ist, wie schon erwähnt, feinwabig gebaut und reich an Inhaltskörpern. Diese sind von zweierlei Art. Vor allem fällt die große Menge der 2—3 μ großen „eigentümlichen, scheibenförmigen Körperchen" (J) Zeller's (1877, p. 355) auf, die von Tönniges (1898, p. 130—132) genauer beschrieben wurden. Sie liegen parallel den abgeplatteten Seitenflächen im ganzen Endoplasma in großer Anzahl. Mit Eisenhämatoxylin färben sie sich tief schwarz und erscheinen vollständig homogen; eine wabige Struktur, wie sie Tönniges (1898, p. 131) für diese Körperchen feststellte, konnte ich nicht wahrnehmen. Außer diesen Gebilden befinden sich im Endoplasma die zahlreichen Kerne (K). Diese besitzen einen Durchmesser von ca. 6 μ und liegen gleichmäßig durch das ganze Endoplasma zerstreut, wie auch Zeller (1877, p. 355) fand und Tönniges (1898, p. 129) in seiner Textfigur abbildete, während sie nach Bütschli (1889, p. 1500) „über die gesamte Oberfläche in einfacher Schicht gleichmäßig verteilt" sein sollen, was jedoch der Wirklichkeit nicht entspricht.

Prorodon EHRBG.

Fig. 2a—d.

Wimperapparat: Der Körper von Prorodon teres EHRBG. zeigt eine deutliche Längsstreifung, die dadurch zu stande kommt, daß Furchen meridional vom Munde bis zum Hinterende verlaufen. In diesen Furchen sind die Cilien eingepflanzt. Ein Oberflächenbild (Fig. 2a) zeigt im Verlaufe dieser Cilienfurchen je eine Reihe von Basalkörperchen (B), die durch Eisenhämatoxylin tiefschwarz gefärbt sind. Über die Lage derselben im Plasma giebt der Querschnitt Fig. 2b Aufschluß. Man sieht dort, daß in den den Cilienfurchen entsprechenden Einkerbungen die Cilien die Pellicula (P) und Alveolarschicht (Al) durchsetzen, um zu dem an der äußeren Grenze des Corticalplasmas (Co) gelegenen Basalkörperchen zu gelangen. Bei dieser Durchbohrung der Alveolarschicht verläuft die Cilie innerhalb einer Alveolarkante. Das eiförmige Basalkörperchen liegt an der einen Seite des Kanales (Km), in welchem das Myonem sich befindet, und zwar immer auf derselben Seite (in unserer Figur 2b rechts). In der Umgebung des Mundes (Fig. 2c, Mu), wo das Ektoplasma sehr stark verdickt ist, was hauptsächlich auf eine Verlängerung der Waben der Alveolarschicht zurückzuführen ist, liegen die Basalkörperchen in den Alveolarkanten.

Bezüglich der Mundbewimperung giebt SCHEWIAKOFF (1889, p. 13) von Prorodon teres EHRBG. an: „Am vorderen Körperpole befindet sich ein elliptisches Mundfeldchen, welches dichter als der übrige Körper gestreift und bewimpert ist.“ Ein solches besonders ausgebildetes Mundfeldchen konnte ich nicht wahrnehmen. Meine Fig. 2a zeigt deutlich, daß die Cilienreihen ununterbrochen zur Mundöffnung verlaufen und eine feinere Streifung und dichtere Bewimperung des Mundpoles nur dadurch zu stande kommt, daß die Cilienreihen gegen den Mund konvergieren. Dieselben Verhältnisse finden wir natürlich auch am Hinterende, wodurch hier ebenfalls eine stärkere Bewimperung auftritt. Von einer Vermehrung der Cilienreihen oder einem Dichterstehen der Cilien innerhalb der einzelnen Reihen ist aber am Mundpole ebensowenig als am Hinterende die Rede, wie aus der Fig. 2a klar hervorgeht.

Morphologisches: Zunächst einige Worte über den Bau des Ektoplasmas von Prorodon teres EHRBG. Eine äußerst feine Pellicula (P) begrenzt den Körper nach außen. Sie wird wohl einfach von den äußeren Wänden der Waben der Alveolarschicht gebildet. Unter ihr liegt die von SCHEWIAKOFF (1889, p. 13) sehr zutreffend

geschilderte Alveolarschicht (Al), d. h. eine einfache Schicht parallel gestellter Waben. Die Alveolarkanten sind stark verdickt und erwecken bei der Ansicht von der Fläche den Eindruck von Punkten. Wenn die sehr zarte äußere Wand der Alveolen, d. h. die Pellicula, zerstört ist, wie das beim Abtöten mitunter passiert, so sieht die Oberfläche eines solchen Tieres aus, als ob der ganze Körper von kleinsten Stacheln bedeckt wäre. Diese letzteren entsprechen den Alveolarkanten, wie an guten Schnitten leicht zu erkennen ist. Es verlaufen zwischen je zwei Cilienfurchen, d. h. in einem Rippenstreifen, drei bis vier Reihen von Alveolen, wie aus Fig. 2 b hervorgeht. In der Umgebung der Mundöffnung zeigt, wie schon erwähnt, das Alveolarplasma einen besonderen Bau. Die Waben sind hier bedeutend höher und anscheinend schmäler. Die Alveolen setzen sich nicht in den Cytopharynx fort, was auch Schewiakoff (1889, p. 14) beobachtete, sondern dessen Wand wird von einem sehr festen, homogenen Ektoplasma gebildet, welches nach unten allmählich in das Endoplasma übergeht.

Das Corticalplasma (Co) zeigt einen feinwabigen Bau. Unter den Cilienfurchen erscheint es ziemlich hell, während es unter den Rippenstreifen durch die Einlagerung zahlreicher, stark tingierbarer, kleinster Körnchen ein dunkleres Aussehen erhält. Im Corticalplasma liegen verschiedene Einschlüsse. Zunächst sehen wir unter den Rippenstreifen an der Grenze gegen das Alveolarplasma kleine scheibenförmige Gebilde (Fig. 2 a u. b, J). Diese liegen parallel der Oberfläche fast regelmäßig in zwei Reihen zwischen je zwei Cilienfurchen; bei Vitalfärbung mit Neutralrot sind sie durch ihre dunkelrote Farbe leicht zu erkennen, was auch Prowazek (1897, p. 192) gefunden zu haben scheint. Über ihre Bedeutung kann ich nichts aussagen.

Wie schon oben erwähnt wurde, liegen im Corticalplasma unter den Cilienfurchen die von Schewiakoff (1889, p. 13) beschriebenen Myoneme (M). Sie verlaufen in einem Kanal (Km), dessen unterer Wand sie so dicht anliegen, daß man im Zweifel sein kann, ob sie nicht etwa nur eine Verdickung dieser unteren Wand vorstellen. Mit Eisenhämatoxylin färben sie sich schwarz. Außer diesen meridional unter den Cilienfurchen sich dem ganzen Körper entlang hinziehenden Myonemen fand ich noch solche in der Umgebung des Mundes (Fig. 2 c, Mr). Sie setzen in der Nähe des vorderen Endes eines jeden Stäbchens des Reusenapparates (R) an und verlaufen von hier aus direkt unter der Alveolarschicht eine Strecke weit nach hinten. Im Vergleich zu den Körpermyonemen sind sie bedeutend stärker und

liegen nicht in einem Kanal. Ebenso verlaufen von derselben Stelle der Reusenstäbchen aus kleinere Fäserchen (Mr') nach der Mundöffnung zu. Die in Rede stehenden Myoneme des Reusenapparates stehen wohl in Beziehung zur Nahrungsaufnahme. Im Gegensatz zur Annahme BÜTSCHLI's (1889, p. 1400), „daß die weite Eröffnung des Mundes wesentlich durch die Kontraktion des Ektoplasmas bewirkt" werde, und daß „der Mund unter der Wirkung einer Verschlußeinrichtung stehen" müsse, „welche vor seiner Eröffnung außer Thätigkeit" trete, ließe sich dieser Vorgang nach der eben geschilderten Einrichtung vielleicht folgendermaßen erklären. Wenn sich die von den Reusenstäbchen nach hinten verlaufenden Myoneme kontrahieren, so wird der Reusenapparat an seinem vorderen Ende gespreizt, wodurch dann die Mundöffnung erweitert wird. Hört die Kontraktion auf, so wird sich der Mund infolge der Elasticität des Ektoplasmas des Tieres wieder von selbst schließen. Die kurzen, nach vorn ziehenden Fäserchen könnten vielleicht das häufig beobachtete (BÜTSCHLI 1889, p. 1370) Vorstoßen des Reusenapparates bewirken.

Bezüglich des Reusenapparates habe ich den Angaben SCHEWIAKOFF's (1889, p. 13) nicht viel hinzuzufügen. Die Zahl der Stäbchen beträgt 45—55 und scheint Schwankungen unterworfen zu sein. Die Stäbchen selbst sind seitlich zusammengedrückt. Sie zeigen ein homogenes Aussehen und färben sich mit Eisenhämatoxylin intensiv schwarz. Ihr vorderes Ende ist gegen die Mundöffnung zu umgebogen, während sie nach hinten gerade verlaufen und in schwach schraubenförmiger Anordnung der von homogenem Ektoplasma gebildeten Cytopharynxwand dicht anliegen. Der Schlund zeigt kurz hinter der Mundöffnung eine birnförmige Erweiterung, um dann kanalartig allmählich im Endoplasma zu endigen. Dieses letztere besitzt einen feinwabigen Bau und enthält kleinere und größere Vacuolen. Bei frisch gefangenen Tieren ist es stets reich an Nahrungsvacuolen (N).

Gewissermaßen als Anhang zu der Beschreibung des Prorodon teres EHRBG. möchte ich noch einige Beobachtungen über eine andere Prorodonart anführen. Bei dieser Form [1]) (Fig. 2d) ist das Studium

[1]) Leider bin ich nicht mehr im stande, die Artzugehörigkeit festzustellen. Das in Frage stehende Tier fand ich zufällig in einer Schnittserie einer anderen Infusorienart (Ophryoglena) vor. Mit Prorodon teres EHRBG. stimmt es im Bau des Ektoplasmas, des Schlundes, des Kernes und der Bewimperung ziemlich überein. Es unterscheidet sich jedoch von ihm durch den Mangel der Myoneme unter den Cilienfurchen und durch den Besitz von Trichocysten im Corticalplasma der Rippenstreifen.

der Basalkörperchen (B) dank dem Mangel der Myoneme viel leichter. Sie liegen auch hier im Corticalplasma direkt unter der Alveolarschicht. Mit ihnen alternieren die zahlreichen, stäbchenförmigen Trichocysten (T), die je in einfacher Reihe im Corticalplasma der Rippenstreifen liegen. Sie zeigen mit Eisenhämatoxylin eine intensiv schwarze Farbe, was vielleicht auf eine auch von Bütschli (1889, p. 1464) vermutete Verwandtschaft mit den Reusenstäbchen hinweisen könnte, mit denen sie ja auch in morphologischer Beziehung in mancher Hinsicht verglichen werden dürfen, so daß man schon versuchte, die Reusenstäbchen von trichocystenähnlichen Gebilden, den Trichiten, abzuleiten.

Chilodon Ehrbg.

Fig. 3a—c.

Wimperapparat: Bei den dorsoventral stark abgeflachten Chilodonten ist mit Ausnahme einer queren Cilienreihe auf dem Rücken (Blochmann 1895, p. 95) nur die Bauchseite bewimpert, und es sind dabei die Cilien in bestimmten Reihen angeordnet. Bei Chilodon uncinatus Ehrbg. umfassen den Mund von vorne halbkreisförmig zwei kurze Cilienreihen. Vom vorderen Rande des Mundes führt eine kurze Cilienreihe, die sog. Zone (Z), nach links vorne zur Schnabelspitze. Rechts und links bedecken die Bauchseite je vier Wimperreihen, die an der zur Schnabelspitze ziehenden Cilienreihe zusammenstoßen. Dazu kommen noch links zwei mediane kürzere Wimperreihen. An der von mir untersuchten Form (Fig. 3a) fand ich außerdem noch eine Cilienreihe (R_5), die am rechten Körperrande parallel zu den vier schon genannten Wimperreihen verläuft.

Entsprechend den genannten Cilienreihen sah ich an meinen mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten Reihen von Basalkörperchen (B). Besonders schön zeigt dies das Oberflächenbild (Fig. 3a), welches einen Chilodon uncinatus Ehrbg. (?) von der Bauchseite darstellt. Über die Lage der kugeligen Basalkörperchen im Endoplasma, dicht unter der Pellicula, giebt uns ein Querschnitt (Fig. 3b) Aufschluß. Der Schnitt ist in der Richtung geführt, welche durch die in Fig. 3a angegebenen Linien markiert ist. Dementsprechend finden wir links (l) vier und rechts (r) fünf Basalkörperchen mit den zugehörigen Cilien getroffen.

Unsere Fig. 3c stellt einen Querschnitt durch den großen Chilodon cucullulus O. F. M. vor, bei dem bekanntlich die ganze Bauchseite gleichmäßig von längs verlaufenden Cilienreihen bedeckt ist. Demnach zeigt auch die ganze Bauchseite Längsreihen von Basal-

körperchen, die in Fig. 3c quer getroffen sind. Wie in Fig. 3b und 3c zu erkennen ist, liegen die Cilien in Furchen, und ein Vergleich dieser beiden Querschnittsbilder demonstriert sehr schön die schon von BÜTSCHLI (1889, p. 1286—87) erkannte Beziehung der Wimperreihen zur Ausbildung von Furchen. Wir sehen nämlich bei Chilodon cucullulus O. F. M. (Fig. 3c) die ganze Bauchfläche durch Furchen längsgestreift, während dies bei Chilodon uncinatus EHRBG. (?) (Fig. 3b) nur in der Region der Cilienreihen der Fall ist und die nackte Mitte sowohl als auch die Seitenränder der Bauchfläche glatt bleiben. In der äußersten Cilienreihe (R_5) der rechten Seite stehen, wie Fig. 3a zeigt, die Basalkörperchen und demnach auch die Cilien weiter aus einander als in den übrigen Wimperreihen. Dagegen liegen in der zur Schnabelspitze verlaufenden Cilienreihe, der sog. Zone (Z), die Basalkörperchen dichter zusammen als am übrigen Körper. Dementsprechend stehen hier auch die Cilien dichter, wie schon STEIN richtig fand, während es BLOCHMANN (1895, p. 95) bestreitet. Daß es sich dabei um gewöhnliche, nicht längere Cilien handelt, darin kann ich die Angaben STEIN's und BLOCHMANN's bestätigen, während die Vermutung BÜTSCHLI's (1889, p. 1374), daß wir in der Zone Cirren haben, nicht zutrifft. Die von BLOCHMANN entdeckte Wimperreihe auf dem Rücken konnte ich ebenfalls, dank dem Vorhandensein von Basalkörperchen, nachweisen.

Morphologisches: Was die Artzugehörigkeit des in Fig. 3a und b abgebildeten Chilodon betrifft, so muß ich hierüber einige Bemerkungen vorausschicken. Das von mir untersuchte Tier stimmt in allen wesentlichen Punkten, d. h. in Körperform, Größe, Reusenapparat, kontraktile Vacuolen, Kerne und im großen Ganzen auch in der Bewimperung mit der von BLOCHMANN (1895, p. 95) gegebenen Beschreibung des Chilodon uncinatus EHRBG. (= dentatus FROMM. = curvidentis GRUBER) überein. Nur dadurch weicht es ab, daß auf der rechten Seite nicht vier Cilienreihen, wie BLOCHMANN angiebt, sondern stets fünf zu finden sind. In diesem Punkte gleicht es dem von BLOCHMANN als Chilodon piscatoris BLOCHM. beschriebenen Tiere, während es von dieser Form in allen übrigen Merkmalen so sehr abweicht, daß an eine Zugehörigkeit zu dieser Art nicht zu denken ist. Da nun gerade die Bewimperung ein wichtiges systematisches Merkmal für die Chilodonarten bildet und deshalb von BLOCHMANN besonders genau studiert wurde, so ist wohl ein Irrtum in der Feststellung der Zahl der Wimperreihen nicht anzunehmen. Der von mir untersuchte Chilodon muß also entweder einer noch nicht beschriebenen, dem Chilodon uncinatus EHRBG. sehr nahe

stehenden Art zugehören oder vielleicht nur eine Varietät des Chilodon uncinatus Ehrbg. vorstellen. Diese Frage zu entscheiden bin ich nicht im stande, da das ganze von mir untersuchte Material aus derselben Infusion stammt.

Bezüglich der Körperschichten kann ich erwähnen, daß das Ektoplasma in Gestalt einer feinen Pellicula (P) auftritt, die deutlich doppelt konturiert ist und sich mit Eisenhämatoxylin stark färbt; besonders bei Chilodon cucullulus O. F. M. ist sie sehr schön zu sehen. Das Endoplasma (En) ist feinwabig. Die Figuren 3b u. 3c zeigen auch die für Chilodon charakteristische Abflachung der Randpartien; ebenso läßt sich auf Längsschnitten die Abflachung des Vorderendes erkennen. Der bei Chilodon uncinatus Ehrbg. (?) aus 10 und bei Chilodon cucullulus O. F. M. aus 15 Stäbchen bestehende Reusenapparat färbt sich ebenfalls sehr stark. Die ektoplasmatische Schlundeinsenkung ist deutlich wahrzunehmen.

Von den kontraktilen Vacuolen, die bei Chilodon uncinatus Ehrbg. (?) in Zweizahl vorhanden sind, nämlich eine rechts vorne und eine links hinten, möchte ich erwähnen, daß sich das Plasma im Bereich derselben dunkler (Fig. 3a, Cvw) färbte, was vielleicht auf eine stärkere Verdichtung an dieser Stelle hinweisen könnte. Der Excretionporus (Cvp) ist auf meinen Präparaten als kleine, kreisrunde Öffnung deutlich zu erkennen, ein Beweis, wie gut sich die Tiere bei der Fixierung erhalten haben.

Coleps Nitzsch.

Fig. 4a—d.

Wimperapparat: Coleps hirtus Ehrbg. ist durch einen eigenartigen Panzer ausgezeichnet. Nach Maupas' (1885, p. 343) Angaben besteht dieser Panzer aus 15 Längsreihen von einzelnen Platten, die in vier Hauptgürteln und je einem das Vorder- und das Hinterende umgebenden Kranze kleinerer Platten den Körper bedecken. Der eine Längsrand der Platten (Fig. 4a, Pp) dieser Hauptgürtel ist gerade, der andere dagegen mit einer Anzahl vorspringender Zähne versehen, so daß zwischen je zwei benachbarten Längsreihen von Platten eine Reihe von Öffnungen für den Durchtritt der Cilien frei bleibt. Da nun die Zähne bei den medianen Hauptplatten in der Zahl von 5 vorhanden sind, so treten im Bereiche einer solchen Platte vier Cilien hervor. Entsprechend diesem Verhalten fand ich auf mit Eisenhämatoxylin gefärbten Flächenschnitten (Fig. 4a) jedesmal zwischen zwei solchen medianen Hauptplatten vier schwarz ge-

färbte Körnchen (B), von denen je eines in der Ausbuchtung zwischen zwei Zähnen lag. Daß die genannten Körnchen die Basalkörperchen der Cilien vorstellen, läßt sich leicht an solchen Stellen nachweisen, wo ihre Verbindung mit den Cilien wahrnehmbar ist.

Morphologisches: Im Gegensatz zu der allgemein angenommenen Ansicht MAUPAS' (1885, p. 343), daß der Panzer von Coleps hirtus EHRBG. aus 15 Längsreihen von Panzerplatten bestehe, konnte ich nur 14 solcher Reihen feststellen. Ich kam zu diesem Resultate durch die Untersuchung einer großen Anzahl guter Querschnitte (Fig. 4b), so daß eine Täuschung ausgeschlossen ist. Da nun die ganze Form, die Größe, die Gestalt der Panzerplatten, sowie der Makronucleus meiner Tiere genau mit den Angaben von MAUPAS übereinstimmen, so dürfte wohl eine Artverschiedenheit nicht vorliegen. Daß ferner Coleps hirtus EHRBG. so auffallend und konstant in dem angegebenen Sinne variiere, ist wohl auch nicht anzunehmen. Ich kann mich daher nicht der Vermutung erwehren, daß sich MAUPAS bei der Feststellung der Zahl der Plattenreihen geirrt habe. Dies war um so leichter möglich, als ihm nur ganze Tiere zur Verfügung standen, an denen sich derartige Untersuchungen nur sehr schwer anstellen lassen, während ich sie an meinen zahlreichen Querschnitten mit Leichtigkeit studieren konnte.

An meinen Schnittpräparaten gelang es mir auch, die bisher nur mangelhaft bekannte Mundeinrichtung von Coleps hirtus EHRBG. genauer zu untersuchen. Ich fand dabei einen wohlentwickelten Reusenapparat (Fig. 4b, c, d; R). Dieser setzt sich aus einem Kranze von ca. 13 Stäbchen (Fig. 4b, R) zusammen und erstreckt sich von der Mundöffnung bis fast an das Hinterende, wobei er unter schwach schraubigem Verlauf dorsal über dem Makronucleus hinwegzieht. Die einzelnen Reusenstäbchen sind von innen nach außen etwas plattgedrückt. Die größte Entfernung von einander haben sie kurz hinter der Mundöffnung, gegen welche sie sich sehr stark zusammenneigen. Nach hinten konvergieren sie nur sehr allmählich, wobei sie zugleich immer feiner werden. Die ektoplasmatische Wand des Cytopharynx (S) zeigt eine feine Längsfältelung. Der Schlund (S) erweitert sich hinter der Mundöffnung stark und verläuft dann unter gleichzeitiger Verschmälerung nach hinten. Vergleichen wir mit diesen Angaben die Beschreibung von MAUPAS (1885, p. 355), so finden wir, daß nach ihm der Schlund fein längsgestreift sei. Diese Längsstreifung rührt wohl von den Reusenstäbchen her, wie schon BÜTSCHLI (1889, p. 1364) für alle derartigen Längsstreifungen des Schlundes vermutete. Die von MAUPAS

(1885, Pl. XVII, Fig. 9 = bei Bütschli 1889, Taf. LVIII, Fig. 1c) gezeichneten feinen, gegen die Mundöffnung zusammenlaufenden Linien, die er als von den Längsfalten herrührend bezeichnet, dürften wohl den nach vorne konvergierenden Teilen der Reusenstäbchen entsprechen. Nach Blochmann (1895, p. 91) ist der „Schlund ansehnlich mit deutlich längs gefalteter Wand und außerdem von feinen, etwas unregelmäßig im Kreise stehenden Stäbchen (Trichiten?) umgeben". Er erkannte also die Stäbchennatur der in Frage stehenden Gebilde; daß es sich aber nicht um Trichiten handelt, geht aus der sehr regelmäßigen Anordnung dieser Stäbchen in einem einfachen Kreise zur Genüge hervor, da dies nach Blochmann (1895, p. 74) ja als Kriterium für einen Reusenapparat gilt.

Glaucoma Ehrbg.

Fig. 5.

Wimperapparat: Der Körper von Glaucoma scintillans Ehrbg. ist gleichmäßig bewimpert. Die Längsstreifen, in denen die Cilien angeordnet sind, ziehen nach Schewiakoff (1889, p. 32) „meridional vom hinteren zum vorderen Körperpole; auf der Ventralfläche stoßen die median gelegenen (4—6) auf den unteren Rand der Mundöffnung, wogegen die übrigen um dieselbe herumziehen, je zu zweien auf einander stoßen und sich bogenartig mit einander verbinden". Entsprechend dieser Cilienanordnung sind auf dem medianen Längsschnitt (Fig. 5) durch Glaucoma scintillans Ehrbg. in der Körperpartie über der Mundöffnung die dort bogenförmig verlaufenden Cilienreihen quer getroffen, während im übrigen Teile des Körpers eine Cilienreihe längs geschnitten wurde. An den quer getroffenen Wimperreihen ist deutlich zu erkennen, daß die Cilien in Furchen inserieren, die sich als Einkerbungen des Randes darstellen. Wir haben also hier dieselben Verhältnisse bezüglich der Einpflanzung der Wimpern, wie wir sie bis jetzt bei allen untersuchten Formen gefunden haben. Dagegen schreibt Schewiakoff (1889, p. 32), die Cilien seien „auf kleinen Papillen befestigt, welche in Längsreihen stehen und somit die Längsstreifung des Körpers bedingen", was nach meinen Untersuchungen nicht zutrifft. Unter jeder Cilie läßt sich das zugehörige Basalkörperchen nachweisen, welches direkt unter der Pellicula im Corticalplasma liegt. Es besitzt eine eiförmige Gestalt und ist mit seiner Längsachse senkrecht zur Oberfläche gerichtet.

Bei Glaucoma scintillans Ehrbg. tritt uns zum erstenmal

ein unter den Ciliaten weit verbreitetes Wimpergebilde entgegen, nämlich die undulierende Membran. Wir haben hier zwei solche Membranen zu betrachten, bei deren Beschreibung ich den Angaben SCHEWIAKOFF's (1889, p. 32—33) folge: „Am linken, vorderen und rechten Mundrande zieht eine kontinuierliche, ziemlich große undulierende Membran hin, welche im ausgespannten Zustande die Mundöffnung haubenartig von oben überdeckt. Dieselbe ist sehr zart und äußerst fein gestreift, was zweifelsohne auf ihre Entstehung aus unter einander verschmolzenen Cilien hindeutet." Ferner: „Längs der ganzen Dorsalwand des Schlundes ist eine große plattenförmige undulierende Membran befestigt, welche im vorderen Schlundabschnitte höher als im hinteren emporsteigt. Diese Membran wollen wir, zum Unterschiede von der erst beschriebenen äußeren, als die innere undulierende Membran bezeichnen. Sie ist deutlich, jedoch fein quergestreift (was ebenfalls auf die Entstehung aus Cilien hinweist)." Diese feine Streifung ist auch auf unserem Längsschnitt (Fig. 5) zu erkennen, welcher diese innere oder „endorale" Membran (Mbe) in ihrer ganzen Längenausdehnung zeigt. Sie erhebt sich über einer homogenen Leiste (Bl), die wohl eine Verdichtung des Ektoplasmas vorstellt. An der Stelle, wo die Membran dieser Leiste aufsitzt, ist ein schwarz gefärbter Saum zu sehen, der sich bei starker Vergrößerung als aus einer Reihe kleiner schwarzer Körperchen zusammengesetzt ergiebt. Wenn wir mit SCHEWIAKOFF annehmen, daß die Membranen durch Verschmelzung, resp. Verklebung von Cilien entstanden seien, so läßt sich vermuten, daß die erwähnten Körnchen an ihrer Basis die zu den in die Bildung der Membran eingegangenen Cilien gehörigen Basalkörperchen vorstellen. Die an der Basis der Membran liegende einfache Schicht von Basalkörperchen wollen wir als Basalsaum (Bs) bezeichnen, während wir die oben erwähnte homogene Ektoplasmaleiste Basallamelle (Bl) nennen wollen. Die äußere oder „perorale" Membran (Mbp) ist auf unserer Fig. 5 quer getroffen. Man erkennt auf diesem Querschnitt ebenfalls eine feine Streifung, und der Querschnitt durch ihren Basalsaum ist aus mehreren, mindestens fünf Basalkörperchen zusammengesetzt. Hieraus ist zu schließen, daß diese perorale Membran aus mehreren Cilienreihen durch Verklebung hervorgegangen ist. Ähnliche Verhältnisse zeigt auch ein Querschnitt durch die endorale Membran, welche sogar aus mindestens zehn Cilienreihen entstanden zu sein scheint.

Morphologisches: Den Körper bedeckt eine mäßig starke Pellicula (P). Unter dieser liegt das Corticalplasma (Co), welches

zahlreiche kugelförmige Inhaltskörper (J) in einfacher Schicht enthält. Das Endoplasma zeigt einen feinwabigen Bau und enthält größere und kleinere Vacuolen.

Paramaecium Stein.

Fig. 6a—d.

Wimperapparat: Die Oberfläche von Paramaecium caudatum Ehrbg. zeigt eine schon lange bekannte Streifung. Bütschli (1889, p. 1281—82) sagt darüber: „Das deutlichste oder Hauptstreifensystem der Paramäcinen ist längs gerichtet. Dieses Streifensystem wird nun nahezu rechtwinklig von einem zweiten, schwächer hervortretenden gekreuzt. Eine genauere Untersuchung ergiebt, daß die Streifung durch Aneinanderreihung von etwas länglichen, hexagonalen, nicht rhombischen Feldchen (Maupas) erzeugt wird, welche von dunklen Konturen umsäumt sind. Jedes Feldchen trägt in seiner Mitte eine Cilie." Mit dieser Beschreibung stimmt das in Fig. 6a gegebene Oberflächenbild vollkommen überein; nur ist an Stelle der Cilie das ihr entsprechende Basalkörperchen (B) zu sehen. Dieses besitzt kugelförmige Gestalt und liegt dicht an der Oberfläche unter der Pellicula. Über die Natur der Feldchen giebt Fig. 6b Aufschluß. Sie zeigt, daß jede Cilie in einer Vertiefung liegt, die von leistenförmigen Erhebungen umgrenzt wird. Diese bedingen in ihrer Gesamtheit die Streifungsysteme, resp. die Felderung der Oberfläche. Daß die Streifen leistenförmigen Erhebungen entsprechen, fand schon Maupas (1883, p. 589), indem er schreibt: „Ces lignes, tant d'un système que de l'autre, sont formées par de légers épaississements saillants à la surface du tégument, de sorte que les champs rectangulaires délimités par elles constituent de faibles dépressions. Le centre de chacun des rectangles est occupé par un cil vibratile." Diese Beobachtung wurde von Bütschli (1889, p. 1282) bestritten; er behauptete nämlich, „daß die Feldchen von Paramaecium papillenartig vorspringen" und „der Ursprung jeder Cilie auf einer vorspringenden Papille" liege. Später erkannten Bütschli und Joukowsky (1898, p. 28), „daß die Cilien in Grübchen der Oberfläche sitzen" und daß die Körperstreifung „von den Wülsten, welche die Grübchen begrenzen, resp. von einander trennen", herrühren. Dieser Ansicht schloß sich Prowazek (1901, p. 455) an, während Pütter (1900, p. 251) den Ursprung der Cilien noch auf die Spitze von Papillen verlegt. Nach Lang (1901, p. 57—58) sollen die Feldchen „papillenförmig vorspringen", die Cilien aber in Grübchen entspringen.

Daß ein solches papillenförmiges Vorspringen der einzelnen Feldchen nicht zutrifft, beweisen nicht nur gefärbte Präparate (Fig. 6 b), sondern auch das Studium des lebenden Tieres.

Wir müssen hier noch des vermeintlichen Nachweises von Basalkörperchen bei Paramaecium Erwähnung thun. PÜTTER (1900, p. 251) erzielte durch Vitalfärbungen mit schwachen Lösungen von Neutralrot (0,001 %) und Rubin S (0,02 %) an lebenden Exemplaren von Paramaecium aurelia MÜLLER eine Rotfärbung von angeblich unter der Oberfläche gelegenen Körnchen, die „in inniger Beziehung zu der Wimper" stehen sollen. Er erklärt sie deshalb für Basalkörperchen. Allein PÜTTER's Untersuchungen sind in dieser Hinsicht nicht einwandsfrei. Es läßt sich nämlich unschwer feststellen, daß die mit Neutralrot gefärbten Körnchen zwar im großen Ganzen in Reihen, wie die Cilien, angeordnet sind, daß aber im Bereich einer jeden Cilie, d. h. innerhalb eines Feldchens, meist zwei oder drei solcher Körnchen liegen. Dabei ist eine Beziehung zu den Wimpern sicher nicht vorhanden, so daß es sich keinesfalls um Basalkörperchen handeln kann. Dafür spricht auch die Thatsache, daß bei anderen Infusorien die Basalkörperchen, welche nach meinen Befunden sicher vorliegen und durch Eisenhämatoxylin tief schwarz gefärbt werden, mit Neutralrot nicht färbbar sind. Dasselbe gilt übrigens auch für die Basalkörperchen in den Flimmerzellen der Metazoen (z. B. Anodontakiemen). Den Vergleich der in Frage stehenden Körnchen mit Basalkörperchen hält auch PROWAZEK (1901, p. 455) für unzutreffend, nachdem er schon früher (1897, p. 192) diese Körnchen „als dunkelrot gefärbte, hyaline Tröpfchen" an der Oberfläche beschrieben hatte, „deren Ablösung in einigen Fällen beobachtet wurde". Die auf PÜTTER's schematischer Textfigur von Paramaecium aurelia MÜLLER in VERWORN's Lehrbuch der allgemeinen Physiologie (1901, Fig. 26 und 56) eingezeichneten Basalkörperchen (g) verdanken zwar ihre Entstehung dem Irrtume PÜTTER's, entsprechen aber trotzdem der Wirklichkeit, wie meine Untersuchungen gezeigt haben, so daß diese Figur, wenn auch auf einer irrtümlichen Beobachtung beruhend, dennoch richtig ist.

Am Hinterende, wo die Cilien bei Paramaecium caudatum EHRBG. bekanntlich enger stehen und als Tastborsten ausgebildet sind (BÜTSCHLI 1889, p. 1347), ist unter jeder solchen starren Tastborste ein kugeliges Basalkörperchen wahrzunehmen. Diese vollständige Übereinstimmung im feineren Bau mit den Cilien weist darauf hin, daß wir in den Tastborsten nur unbewegliche Cilien zu erblicken haben, wie ja allgemein angenommen wird.

Die undulierende Membran (Fig. 6c, Mb), welche an der Dorsalseite des Schlundes inseriert, zeigt eine feine Streifung; bei der Fixierung zerfasert sie häufig in einzelne Fibrillen, welche den einzelnen, in die Bildung der Membran eingegangenen Cilien entsprechen. An der Basis der Membran erkennt man einen Basalsaum (Bs), der aus einzelnen Basalkörperchen zusammengesetzt ist und auf einer ektoplasmatischen, homogenen Basallamelle (Bl) liegt. Auf Querschnitten sieht man, daß der Basalsaum aus mehreren Basalkörperchenreihen gebildet wird, ein Hinweis darauf, daß die undulierende Membran bei Paramaecium caudatum Ehrbg. durch Verklebung mehrerer Reihen von Cilien entstanden ist. Wir haben hier also ganz ähnliche Verhältnisse, wie wir sie bei den beiden undulierenden Membranen von Glaucoma scintillans Ehrbg. oben beschrieben haben und auch bei anderen Infusorien noch finden werden.

Morphologisches: Der Körper von Paramaecium caudatum Ehrbg. ist nach außen von einer Pellicula begrenzt, die von allen Forschern wahrgenommen wurde. Eine Alveolarschicht konnte ich weder auf Präparaten, noch am lebenden Tiere beobachten und glaube daher, daß eine solche gar nicht ausgebildet ist. Wie die Angaben (Bütschli 1889, p. 1264) von dem Vorhandensein einer Alveolarschicht nach meiner Ansicht zu erklären sind, werde ich bei der Beschreibung der Trichocysten weiter unten näher ausführen. Das Corticalplasma (Co) ist deutlich durch seine dunklere Färbung zu erkennen, welche auf eine dichtere Beschaffenheit des Plasmas zurückzuführen ist.

Im Corticalplasma liegen die zahlreichen Trichocysten, die ich eingehender beschreiben möchte. Meine Untersuchungen hierüber decken sich fast ganz mit den Angaben von Maupas (1883, p. 609—611; Pl. XXI, Fig. 15d), die ich deshalb hier anführen will: „On voit les trichocystes sous la forme d'un corps fusiforme allongé, avec une des extrémités plus obtuse et plus épaisse. Cette extrémité est celle qui, à l'état normal, correspondait à la périphérie du corps. Elle est munie d'un prolongement filiforme très délié et assez difficile à voir.“ Diese etwa apfelkernförmige Gestalt der Trichocysten kann ich vollkommen bestätigen, ebenso auch den haarförmigen Fortsatz an der stumpferen Außenseite (Fig. 6d, Tf). Bütschli (1889, p. 1462), der die Form der Trichocysten im Gegensatz zu der eben gegebenen Schilderung als „deutlich spindelförmig“ und „nach den Enden fein zugespitzt“ beschreibt, leugnet die von Maupas entdeckte haarförmige Verlängerung ganz. Allein meine Eisenhämatoxylin-

präparate zeigen diesen Fortsatz, wie die ganze Trichocyste, intensiv schwarz, so daß er leicht wahrzunehmen ist. Ich überzeugte mich aber auch beim lebenden Tiere von seinem Vorhandensein, was mir zuerst Schwierigkeiten bereitete. Ich hielt nämlich die haarförmigen Verlängerungen der Trichocysten anfangs für die Kanten einer Alveolarschicht; erst meine Schnittpräparate klärten diesen Irrtum auf. Ich vermute nun, daß diese Fortsätze der Trichocysten es sind, welche allgemein als der Ausdruck einer Alveolarschicht angesehen werden, da ich nie eine solche beobachten konnte.

Bezüglich der physiologischen Bedeutung der haarförmigen Fortsätze meint MAUPAS (1883, p. 611): „Ce prolongement en forme de cils a, peut-être, pour les bâtonnets le même rôle que les cnidocils des Coelentérés." Wäre dieser Vergleich zutreffend, so müßten die haarförmigen Fortsätze doch wohl über die Oberfläche des Körpers und womöglich noch über die Cilien hervorstehen, um einen Reiz von außen her empfangen zu können. Ich fand aber bei den nicht ausgeschnellten Trichocysten die Verlängerungen stets von der Pellicula bedeckt. Dabei scheint der Fortsatz mit der Pellicula inniger verbunden zu sein; denn ich konnte manchmal an lebenden Tieren, bei denen sich die Pellicula vom Körper abhob, beobachten, daß mehrere Trichocysten durch ihre Fortsätze mit der Pellicula in Zusammenhang blieben und so aus dem Corticalplasma herausgerissen wurden. Was meine Ansicht über die Natur der haarförmigen Verlängerungen der Trichocysten betrifft, so glaubte ich zuerst, daß dieselben der Ausdruck feiner Kanälchen im Ektoplasma seien, durch welche die Trichocysten beim Ausschnellen hindurchgepreßt würden. Allein Bilder, wie Fig. 6 b, wo einige Trichocysten aus dem Corticalplasma samt ihren Fortsätzen herausgerissen wurden, zeigen deutlich, daß dieser Fortsatz der Trichocyste selbst angehört. Auch die Auffassung, daß man in dem haarförmigen Fortsatz ein Anfangsstadium der Ausschnellung zu erblicken habe, läßt sich durch die Thatsache widerlegen, daß nie eine Trichocyste im nicht ausgeschnellten Zustande ohne diesen Fortsatz beobachtet werden konnte. Außerdem ist die haarförmige Verlängerung in allen Stadien der Ausschnellung (Fig. 6 d, Tf) vom übrigen Teile der Trichocyste (Tk) wohl unterscheidbar. Wir dürfen daher annehmen, daß sie einen besonders differenzierten Teil der Trichocyste vorstellt. Dafür sprechen auch einige Beobachtungen, welche ich gelegentlich an den Trichocysten (Fig. 6 e) von Frontonia leucas EHRBG. machte und aus diesem Grunde hier anführen möchte. Bei diesem Infusor färbt sich nämlich an den Trichocysten ein etwa kegel- oder pfeilspitzenförmiges Stück (Tf) am

Vorderende mit Eisenhämatoxylin tiefschwarz, während der übrige Teil (Tk) einen bräunlichen Ton annimmt. Bei den ausgeschnellten Trichocysten bleibt das erwähnte Stück an der Spitze (5, 6 Tf) erhalten und bildet den von Maupas (1883, Pl. XXI, Fig. 11 e) gut abgebildeten Anhang („appendice“) am Vorderende. Im Gegensatz zu Bütschli (1889, p. 1465) und Schewiakoff (1889, p. 38), welche diesen Anhang an der Spitze der ausgeschnellten Trichocysten von Frontonia einfach als eine „Umknickung des Fadenendes“ auffassen, vermutet Maupas (1883, p. 611) mit Recht, daß derselbe einen besonderen Teil der Trichocyste vorstelle und mit dem haarförmigen Fortsatz der Trichocysten von Paramaecium zu vergleichen sei, eine Ansicht, der auch ich mich vollkommen anschließe. Meine Auffassung von der Funktion dieser besonders differenzierten Gebilde an der Spitze der Trichocysten geht nun dahin, daß sie beim Ausschnellen derselben das Durchdringen der Pellicula ermöglichen sollen. Zu diesem Zwecke, für den sie schon durch ihre nach vorne zugespitzte Gestalt sehr geeignet erscheinen, bestehen sie wahrscheinlich aus einer härteren Substanz als der übrige Teil der Trichocyste. Im Gegensatz dazu nimmt Maupas (1883, p. 611) an, daß „cet appendice est composé d'une substance très hyaline et paraissant molle“; ich glaube jedoch, daß die intensivere Färbung dieses Teils mit Eisenhämatoxylin für eine dichtere Beschaffenheit spricht. Daß die übrige Körpersubstanz (Tk) der Trichocysten ziemlich weich ist, kann man aus der Thatsache schließen, daß dieselben auf gefärbten Präparaten (Fig. 6 e, 1—3, 5—6) meist unregelmäßige Krümmungen und Biegungen aufweisen; beim lebenden Tiere erscheinen sie dagegen meist starr und von regelmäßiger, spindelförmiger Gestalt. Bezüglich der feineren Struktur der Trichocysten von Frontonia kann ich noch erwähnen, daß der Körper (Tk) derselben aus einer homogenen Masse besteht und von einer dunkler färbbaren Membran umgeben zu sein scheint, die sich auf Querschnitten durch die Trichocysten (Fig. 6 e, 4) als doppelt konturierte, schwarze Linie zu erkennen giebt.[1])

[1]) Nach Abschluß meiner Arbeit erschien eine Abhandlung von Kölsch, K.: Untersuchungen über die Zerfließungserscheinungen der ciliaten Infusorien (Zoolog. Jahrb., Abteil. f. Anat. u. Ontog., XVI Bd., II. Heft vom 31. Mai 1902, p. 273—422, Taf. 26—28). Kölsch (p. 280—285) hat in dieser Abhandlung einige wichtige Angaben „über die feinere Struktur des Ektoplasmas und die Trichocysten von Paramaecium aurelia Ehrbg.“ gemacht, die zum größten Teile mit meinen Befunden vollständig übereinstimmen. Auch ihm gelang der Nachweis, daß die Cilien in der Mitte vertiefter, sechsseitiger Feldchen inserieren, sowie daß die mit Neutralrot vitalgefärbten Körperchen des Ektoplasmas in keiner Beziehung zur Wimperwurzel stehen. Ebenso fand er genau dieselbe Form der

Ophryoglena EHRBG.

Fig. 7a—c.

Wimperapparat: Die Cilien sind bei Ophryoglena EHRBG. in nahe aneinander stehenden Reihen angeordnet, welche meridional vom Vorder- zum Hinterende verlaufen und dem ganzen Körper eine gleichmäßige Längsstreifung verleihen. An mit Eisenhämatoxylin gefärbten Oberflächenschnitten (Fig. 7a) sieht man im Verlaufe dieser Cilienstreifen je eine Reihe von schwarz gefärbten Basalkörperchen (B), aus denen die Wimpern hervortreten. Auf Querschnitten (Fig. 7b) erkennt man, daß die Cilien in kleinen Einkerbungen des Außenrandes entspringen; diese entsprechen Furchen der Körperoberfläche, in denen die Wimpern eingepflanzt sind. In jeder Einkerbung zeigt sich unter der Cilie jedesmal das zugehörige Basalkörperchen (B), welches verhältnismäßig groß und von ungefähr birnförmiger Gestalt ist. Die Basalkörperchen liegen, alternierend mit den zahlreichen Trichocysten (T), unter der Pellicula (P) im Corticalplasma (Co). An dem wenig geöffneten Munde (Fig. 7c, Mu) stehen besonders an dem rechten Rande die Cilien dichter als am übrigen Körper, sind aber weder länger, noch stärker (BÜTSCHLI 1889, p. 1378).

Über die von BÜTSCHLI (1889, p. 1378. 1704) erwähnte undulierende Membran in dem beutelförmigen Schlunde kann ich nur so viel mitteilen, daß die von BÜTSCHLI nach den Angaben STEIN's und LIEBERKÜHN's gegebene Darstellung nicht ganz zutrifft. Es sind sicher mehrere, verschieden inserierende undulierende Membranen vorhanden, die dem Schlund einen sehr komplizierten Bau verleihen. Bezüglich ihres feineren Baues stimmen diese undulierenden Membranen mit den bei Glaucoma und Paramaecium beschriebenen überein. Einiges davon ist auf dem Querschnitt (Fig. 7c) durch

---

Trichocysten, wie MAUPAS und ich, und erwähnt ebenfalls die von mir oben beschriebene Beobachtung, daß die Trichocysten, von denen nach seinen Untersuchungen je zwei in einem Pellicularfeldchen liegen, beim Abheben der Pellicula mit ihrem haarförmigen Vorderende an dieser haften bleiben. Die haarförmige Verlängerung, über deren funktionelle Bedeutung er sich nicht ausspricht, hält auch KÖLSCH identisch mit der mehrfach erwähnten „Umknickung" des vorderen Endes der ausgeschnellten Trichocysten. Die Möglichkeit, daß durch die haarförmigen Verlängerungen der Trichocysten eine relativ dicke Alveolarschicht vorgetäuscht werden könne, wird auch von KÖLSCH (p. 284) ausgesprochen. Im Gegensatz zu mir beschreibt er dicht unter der dicken Pellicula eine sehr dünne Alveolarschicht, von der ich, wie oben erwähnt, nichts wahrnehmen konnte.

die Mundöffnung zu erkennen, z. B. die fibrilläre Struktur der Membran, ihr Basalsaum (Bs) und ihre Basallamelle (Bl); eine genauere Beschreibung dieser Verhältnisse kann ich jedoch nicht geben, da meine Untersuchungen hierüber noch zu unvollständig sind.

Morphologisches: Die von mir untersuchte Ophryoglena stimmt, so viel ich sehe, mit keiner der bis jetzt beschriebenen Arten dieser Gattung ganz überein. Am nächsten steht sie wohl der Lieberkühnschen Ophryoglena flava (cfr. Claparède et Lachmann 1858—60, p. 258). Sie ist charakterisiert durch einen linsenförmigen Makronukleus, das Vorhandensein von Trichocysten und uhrglasförmigem Körper, sowie den Mangel des Pigmentflecks. Der Apparat der kontraktilen Vacuolen gleicht vollkommen dem von Ophryoglena flavicans Lieberkühn (= flava Bütschli).

Das Ektoplasma läßt eine dunkel gefärbte, deutlich doppelt konturierte Pellicula (P) erkennen. Von einer bei Bütschli (1889, p. 1261) erwähnten Alveolarschicht konnte ich weder am lebenden Tier, noch am gefärbten Präparate etwas wahrnehmen und möchte daher ihr Vorhandensein bezweifeln. Dagegen ist das Corticalplasma (Co) gut ausgebildet; es unterscheidet sich vom Endoplasma durch ein kompakteres Aussehen, was auf dem Mangel an größeren Vacuolen beruht. Im Corticalplasma liegen die zahlreichen Trichocysten (T), welche eine lanzettförmige Gestalt besitzen und intensiv schwarz gefärbt werden; sie liegen in Längsreihen, welche mit den Cilienreihen (Fig. 7a, T) alternieren. Das Endoplasma (En) ist feinwabig gebaut und reich an größeren und kleineren Vacuolen; außerdem findet sich in ihm eine Menge tiefschwarz gefärbter, homogener Inhaltskörper (J). Der am linken Mundrande liegende uhrglasförmige Körper (Fig. 7c, U) färbt sich dunkel und ist dadurch leicht wahrnehmbar; er besitzt einen Durchmesser von ca. 10 μ.

Nyctotherus Leidy.

Fig. 8a—e.

Wimperapparat: Bei dem aus dem Enddarm von Rana temporaria L. stammenden heterotrichen Infusor Nyctotherus cordiformis Ehrbg. sind die Cilien in seichten Furchen eingepflanzt, welche den seitlich zusammengedrückten Körper gleichmäßig bedecken. Ein Querschnitt (Fig. 8a) zeigt in den schwachen Einkerbungen, welche diesen Furchen entsprechen, unter jeder Cilie (C) das zugehörige Basalkörperchen (B). Dieses besitzt eine kugelige Gestalt und ist im Vergleich zu den bisher beschriebenen Basal-

körperchen sehr groß ($1^1/_2$ μ). Die Basalkörperchen liegen in dem homogenen Ektoplasma (Ec) an seiner Grenze gegen das Endoplasma (En); man erkennt deutlich, daß die Cilien bis zu ihnen herab dieses Ektoplasma durchsetzen. Die von BÜTSCHLI (1889, p. 1721) gemachte Entdeckung, daß die von Ektoplasma ausgekleidete Afterröhre bewimpert sei, kann ich bestätigen und hinzufügen, daß sich auch an dieser Stelle unter jeder Cilie ein kugeliges Basalkörperchen nachweisen läßt.

Bei Nyctotherus, als einem Vertreter der heterotrichen Ciliaten, tritt uns zum erstenmal in Form der Membranellen, die bekanntlich bei den Spirigera die adorale Zone zusammensetzen, ein neues, weit verbreitetes Wimpergebilde entgegen. Die adorale Zone (A Z) zieht sich bei dem in Rede stehenden Infusor vom Vorderende längs der Bauchkante auf deren linker Seite bis zu dem in der Mitte der Ventralseite gelegenen Munde hin und setzt sich dann unter beinahe rechtwinkliger Umbiegung durch den ganzen Schlund auf dessen Dorsalseite fort. Den Bau der einzelnen Membranellen studieren wir am besten auf Querschnitten durch die adorale Zone; in Fig. 8 b ist diese in ihrem freien Teile an der Bauchkante quer getroffen, während Fig. 8 c einen Querschnitt durch die Schlundröhre vorstellt. Die Membranellen (Ml) haben bei Nyctotherus die Form rechteckiger Plättchen, die bei denen der Oberfläche mehr hoch als breit sind, während dieses Verhältnis im Schlunde gerade umgekehrt ist. Die feine Längsstreifung, welche den Membranellen eigen ist, deutet auf eine Entstehung durch Verschmelzung oder Verklebung von Cilien hin, wie wir das schon bei den undulierenden Membranen (Glaucoma, Paramaecium) erwähnt haben. Wie dort finden wir auch unter jeder Membranelle einen tiefschwarz gefärbten Basalsaum (Bs), der sich bei starker Vergrößerung als aus zahlreichen, parallel gelagerten Basalkörperchen zusammengesetzt zu erkennen giebt. Betrachten wir nun einen Längsschnitt (Fig. 8 e) durch die adorale Zone, so sehen wir, daß der Querschnitt durch den Basalsaum aus zwei Basalkörperchen besteht, die in einer dunkleren Grundmasse liegen und aus denen je eine Fibrille ihren Ursprung nimmt. Eine Oberflächenansicht der Basalsäume, wie wir sie durch einen parallel der Dorsalwand durch die Schlundröhre geführten Längsschnitt (Fig. 8 d) erhalten, zeigt uns, daß die Basalsäume aus zwei Reihen von Basalkörperchen zusammengesetzt sind. Wir müssen daher annehmen, dass die Membranellen durch Verklebung zweier Cilienreihen entstanden seien. Die Basalsäume der Membranellen liegen in dem homogenen Ektoplasma (Ec) eingebettet, welches unter der adoralen Zone sehr

stark verdickt ist, so daß es einen nach dem Endoplasma vorspringenden Längswulst bildet. Dieser „Basalwulst“ (Fig. 8b, c, Bw), wie wir ihn nennen wollen, ist in seiner Beschaffenheit in keiner Weise vom übrigen Ektoplasma verschieden. Er hat wohl die Aufgabe, der adoralen Membranellenzone zur Stütze zu dienen, und ist in dieser Hinsicht mit den bei den undulierenden Membranellen geschilderten Basallamellen zu vergleichen, welche ja ebenfalls eine Ektoplasmaverdickung vorstellen. Der Basalwulst setzt sich unter der adoralen Zone auch im Schlund an dessen Dorsalwand fort; ihm gegenüber liegt über der Ventralwand der Schlundröhre eine ebenfalls aus homogenem Ektoplasma bestehende, leistenförmige Erhöhung (Ec). Schließlich habe ich noch zu erwähnen, daß an der linken Seite der Bauchkante die zwischen dieser selbst und dem Ursprung der Membranellen gelegene Körperpartie (Fig. 8b, Ec) keine Wimpern trägt, was wohl mit der Ausbildung der adoralen Zone in Zusammenhang zu bringen ist.[1])

Morphologisches: Was zunächst das Ektoplasma (Ec) betrifft, so lassen sich an ihm keinerlei verschiedene Schichten unterscheiden. Es stellt eine einheitliche, 3—4 μ dicke Lage durchaus homogenen Plasmas vor, welche gegen das Endoplasma scharf abgegrenzt ist. Diese sog. „Cuticula“ entspricht nach der Annahme Bütschli's (1889, p. 1387) der Pellicula samt Alveolarschicht. Wir hätten also hier ein ähnliches Verhältnis, wie bei Opalina. Da nun ein eigentliches Corticalplasma nicht ausgebildet ist, so drängt sich die Vermutung auf, daß dieses auch noch in die Bildung der „Cuticula“ mit eingegangen sei, so daß in dieser alle drei Ektoplasmaschichten anderer Ciliaten vereinigt wären. Für diese Ansicht spricht

[1]) In der großen Abhandlung von Vignon, P.: Recherches de cytologie générale sur les épithéliums (Arch. de zool. exp. et génér., 3. série IX. Bd., 1901. No. 3—4, p. 371—715, Taf. XV—XXV), die ich erst nach Abschluß meiner Arbeit erhielt, sind auf Taf. XVIII einige Schnitte von Balantidium (Fig. 11—14) und Nyctotherus (Fig. 15—16) abgebildet. Vignon konnte auf seinen ebenfalls mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten unter jeder Membranelle einen schwarz gefärbten Basalsaum erkennen, es gelang ihm jedoch nicht, die Zusammensetzung dieses Basalsaumes aus einzelnen Basalkörperchen festzustellen. Ebensowenig scheint er bei den gewöhnlichen Cilien etwas von Basalkörperchen gesehen zu haben, obgleich dieselben, wie meine Abbildungen zeigen, gerade bei Nyctotherus besonders groß und deutlich sind. Auf Vignon's Fig. 13, welche eine Oberflächenansicht der Membranellen darstellt und etwa meiner Fig. 8d entspricht, ist etwas von der bilamellösen Struktur der Membranellen, resp. ihrer Basalsäume angedeutet Die auf Vignon's Fig. 16 gezeichneten intracellulären Verlängerungen der Membranellen schienen mir (vgl. meine Fig. 8e) bedeutend kürzer zu sein.

auch die Thatsache, daß in jenem homogenen Ektoplasma auch die Basalkörperchen sich finden, während sie sonst meist im Corticalplasma liegen, wenn ein solches ausgebildet ist (z. B. bei Opalina, Prorodon, Paramaecium, Ophryoglena).

Das Endoplasma zeigt einen feinwabigen Bau und enthält kleinere Vacuolen. In ihm liegen kleinere und größere Haufen intensiv gefärbter, kleinster Inhaltskörnchen (J).

An dem Teile des Basalwulstes (Fig. 8c, Bw), welcher an der Dorsalwand der Schlundröhre verläuft, finden sich an seiner Grenze gegen das Endoplasma feine, schwarz gefärbte Fasern (F), die parallel dem Basalwulst verlaufen und sich auf dem Querschnitt demnach als schwarze Punkte darstellen. Ähnliche Fasern zeigen sich auch an der dem Basalwulste gegenüberliegenden ektoplasmatischen Leiste (Ec) auf der Ventralseite der Schlundröhre. Ob diese Fasern als Myoneme aufzufassen sind, wofür ihr Aussehen und ihre Färbung sprechen könnte, scheint mir dennoch zweifelhaft, da ich mir ihren Zweck an dieser Stelle nicht vorstellen kann.

Bursaria O. F. M.

Fig. 9a–f.

Wimperapparat: Allen früheren Untersuchern der Bursaria truncatella O. F. M. fiel die zarte Querstrichelung des Ektoplasmas (Ec) auf. Über diese muß ich hier einige Worte vorausschicken, da ihre Kenntnis für das Verständnis der Wimperapparate erforderlich ist. Wie BÜTSCHLI (1876, Erklärung zu Fig. 17 Taf. XI) entdeckte und SCHUBERG (1886, p. 350 ff.) näher ausführte, besitzt das Ektoplasma bei Bursaria „einen wabenartigen Bau, die verdichteten Wände der Waben repräsentieren sich im optischen Querschnitt als Fasern". Wir haben hier also eine charakteristisch ausgebildete Alveolarschicht, d. h. eine einfache Schicht parallel gestellter Waben.

Der Körper ist mit Ausnahme der Peristomeinsenkung gleichmäßig bewimpert. Die Cilien sind in Längsfurchen eingepflanzt und es entspringt jede Wimper aus einer Alveolarkante. SCHUBERG (1886, p. 355) leugnet zwar aufs bestimmteste jeglichen Zusammenhang der Cilien mit den Alveolarkanten; allein schon BÜTSCHLI (1889, p. 1327) hält „SCHUBERG's Beobachtungen gerade in dieser Beziehung nicht für ausreichend", und meine Figuren (Fig. 9a u. b, Ec) sprechen überzeugend für einen solchen Zusammenhang. Unter jeder Cilie liegt nun in der zugehörigen Alveolarkante dicht an der Peripherie ein kugeliges Basalkörperchen (B).

Eine eigenartige, von den früheren Untersuchern der Bursaria nicht beschriebene Verschiedenheit von der übrigen Körperbewimperung zeigt der rechte Peristomrand, der in dem Teil, wo das Peristom vollständig geschlossen ist, als bewimpertes Septum in die sonst cilienfreie Peristomhöhle vorspringt. An diesem Septum (Fig. 9b), sowie auch an dem freien Teile des rechten Peristomrandes entspringen nämlich jedesmal zwei Cilien aus einer Alveolarkante, in welcher dementsprechend auch zwei Basalkörperchen (B) liegen. Ob die beiden Cilien mit einander verklebt sind, kann ich nicht sicher entscheiden. In meinen Präparaten sind stets beide getrennt sichtbar und ich glaube, daß dies auch beim lebenden Tiere der Fall ist, obgleich die Möglichkeit einer künstlichen Zerfaserung infolge der Präparation nicht ausgeschlossen ist.

Die adorale Membranellenzone zieht sich bei Bursaria in der Peristomeinsenkung am linken Peristomrand entlang bis zum umgebogenen Ende der Peristomhöhle. Sie ist schon von Schuberg (1886, p. 357—360) sehr zutreffend geschildert worden und ich kann im allgemeinen seine Befunde bestätigen, wenn ich auch in einigen wesentlichen Punkten abweiche. Die einzelnen Membranellen (Fig. 9c, Ml) stellen rechteckige Plättchen vor, die erheblich länger als hoch sind. Sie besitzen eine deutliche Streifung und sind meist zerfasert, was auf eine Entstehung aus Cilien hinweist. Ein Längsschnitt durch die adorale Zone (Fig. 9d, Ml) zeigt, daß jede Membranelle aus zwei Reihen von Fibrillen besteht, was für eine Entstehung aus zwei Cilienreihen spricht, wie das auch schon Schuberg (1886, p. 358) fand und Bütschli (1889, p. 1335) bestätigte. Die Membranellen erheben sich je über einer ektoplasmatischen Verdickung (Fig. 9c und d, Bl), welche „lamellenartig in die Tiefe steigende Bildungen von ziemlicher Dicke“ (Schuberg 1886, p. 359) vorstellen. An der Stelle, wo die Membranelle auf einer solchen Lamelle sitzt, ist jedesmal eine schwarze Linie (Bs) zu sehen, die sich als aus zahlreichen Basalkörperchen zusammengesetzt zu erkennen giebt. Querschnitte (Fig. 9d, Bs) ergeben, daß entsprechend den beiden Reihen von Fibrillen auch zwei Reihen von Basalkörperchen vorliegen. Wir haben nach unseren Befunden an den undulierenden Membranen von Glaucoma und Paramaecium und den Membranellen von Nyctotherus diese schwarze Linie demnach als den Basalsaum der Membranelle anzusprechen. Was dagegen Schuberg (1886, p. 359) und Bütschli (1889, p. 1336) als Basalsaum der Membranellen von Bursaria bezeichnen, ist die oben erwähnte homogene Ektoplasmalamelle (Bl), auf der die Membranelle sitzt. Da wir aber als Basalsaum

nur die Basalkörperschichten der Wimperapparate bezeichnen, so dürfen wir diese Benennung nicht auch auf die ektoplasmatische Lamelle ausdehnen, denn diese hat mit Basalkörperchen nichts zu thun. Für die bei Bursaria bisher als Basalsaum angesehene, in die Tiefe steigende Lamelle (Bl) wollen wir die Bezeichnung „Basallamelle" wählen, um damit die Analogie mit den ebenso genannten Gebilden der undulierenden Membranen anzudeuten. Die Basallamellen von Bursaria sind nicht etwa als einfache Verdickungen der Alveolarwände aufzufassen, wie SCHUBERG und BÜTSCHLI annahmen, sondern sie stellen von diesen wohl zu unterscheidende Bildungen vor. Auf Längsschnitten durch die adorale Zone (Fig. 9d) zeigen sich die Basallamellen (Bl) durch ihre hellere Färbung und ihre homogene Beschaffenheit scharf vom Alveolarplasma abgegrenzt. Sie setzen sich nach BRAUER's (1886, p. 497) Angaben direkt als „Querstreifen" (Qs) des Peristoms bis zum linken Peristomrand fort, wo sie nach den Befunden SCHUBERG's (1886, p. 360) mit dem von ihm entdeckten Peristombande verschmelzen. Auf die Beziehungen der Basallamellen zu dem Peristomband, sowie auf die Funktion dieser Gebilde werde ich im allgemeinen Teile (cfr. p. 130—133) eingehen.

Morphologisches: Die deutlich wahrnehmbare Pellicula (P) wird durch die äußeren Wabenwände der Alveolarschicht gebildet, welche hier bedeutend verstärkt sind und sich deshalb auch intensiver färben. Den alveolären Bau des Ektoplasmas (Ec) kann ich, wie schon oben erwähnt, vollständig bestätigen. Ob aber dieses Ektoplasma der Alveolarschicht anderer Infusorien (Prorodon, Nassula) zu vergleichen ist, scheint mir zweifelhaft. Es liegen nämlich in den Wabenkanten dieser Plasmaschicht die Basalkörperchen und die trichocystenartigen Gebilde, auf die ich unten zu sprechen kommen werde, während wir die erwähnten Gebilde sonst immer im Corticalplasma antreffen. Ein solches ist aber bei Bursaria nicht ausgebildet und ich möchte deshalb, wie bei Nyctotherus, annehmen, daß die sog. Alveolarschicht hier allen drei Ektoplasmaschichten anderer Infusorien entspreche. Denn auch die für das Corticalplasma charakteristischen kontraktilen Vacuolen scheinen bei Bursaria in dem alveolären Ektoplasma zu liegen; ich fand wenigstens häufig besonders stark erweiterte Waben, die kugelig abgerundet waren und vielleicht die immer noch vermißten kontraktilen Vacuolen vorstellen könnten.

Das Endoplasma zeigt einen feinwabigen Bau. Es enthält zahlreiche große Vacuolen, wodurch es dem Aussehen nach Ähnlich-

keit mit gewissen Pflanzenzellen erhält. Diesen Bau beschrieb auch Schuberg (1886, p. 348) in derselben Weise sehr eingehend.

Was die oben erwähnten trichocystenartigen Gebilde im Ektoplasma betrifft, so habe ich hierüber folgendes mitzuteilen: „In seiner Arbeit über „Vitalfärbungen mit Neutralrot an Protozoen" schreibt Prowazek (1897, p. 192): „Bei Bursaria erschienen besonders die runden und die länglichen scharf konturierten Körnchen, die hart an der Oberfläche des Körpers lagern, in dunkelroter Farbe". Diese Beobachtung kann ich bestätigen und noch dahin ergänzen, daß sich solche „Körnchen" über der ganzen Körperoberfläche und zwar auch in der Peristomeinsenkung gleichmäßig zerstreut vorfinden. Die erwähnten Gebilde zeigen sich beim lebenden Tiere besonders nach Vitalfärbung mit Neutralrot (Fig. 9 f, 1) als längliche, stäbchenförmige Körperchen, welche senkrecht zur Oberfläche in den Alveolarkanten eingebettet sind, wie auch an mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten (Fig. 9 a, Tr) deutlich zu erkennen ist. Wenn man eine lebende, mit Neutralrot gefärbte Bursaria durch Druck zum Zerfließen bringt, so sieht man, daß sich die roten Stäbchen (Fig. 9 f, 2) etwas verlängern und teilweise auch einrollen. Zuletzt erwecken sie dann den Eindruck aufgewundener Fäden (Fig. 9 f, 3), die mitunter zu einem gerade gestreckten Faden plötzlich ausschnellen. Was haben diese Gebilde nun zu bedeuten? Unwillkürlich drängt sich die Vermutung auf, daß in diesen Körperchen Trichocysten vorliegen. Dafür spricht außer ihrer Lage an der Körperoberfläche und ihrer senkrechten Stellung zu dieser vor allem das eben beschriebene allmähliche Verlängern und schließliche Ausschnellen der in Frage stehenden Gebilde während dem Zerfließen des Tieres. Allein verschiedene Thatsachen scheinen dieser Auffassung im Wege zu stehen. Die echten Trichocysten (Prorodon, Paramaecium, Ophryoglena) färben sich mit Neutralrot intra vitam nicht, sondern erst nach dem Absterben des Tieres schwach rosa; dagegen nehmen die Körnchen bei Bursaria mit demselben Farbstoff eine intensiv dunkelrote Farbe an. Andererseits werden die echten Trichocysten von Eisenhämatoxylin tief schwarz gefärbt, während die in Rede stehenden Gebilde von Bursaria mit dieser Färbmethode nur einen dunklen aber nicht schwarzen Ton annehmen. Bezüglich der schwachen Färbung mit Eisenhämatoxylin ist allerdings eine gewisse Übereinstimmung mit dem Hauptteile der Trichocysten von Frontonia (Fig. 6 e, Tk) vorhanden, der sich sogar noch weniger stark färbt, so daß dieser Färbungsunterschied nicht als Beweis gegen die Trichocystennatur der Körnchen ins Feld geführt werden darf, sondern nur darauf hin-

weist, daß die Trichocysten aus verschieden färbbaren Substanzen (Frontonia) bestehen. Ein weiterer Einwand gegen die Auffassung der Körnchen von Bursaria als Trichocysten kann nun darin erblickt werden, daß es mir durch keinerlei Reagentien, welche bei echten Trichocysten ein Ausschnellen hervorrufen, gelang, bei den fraglichen Gebilden eine ähnliche Wirkung zu erzielen. Dieser negative Erfolg fällt aber nicht so schwer ins Gewicht, weil auch bei einigen Infusorien mit echten Trichocysten (z. B. Urocentrum) bekanntlich alle künstlichen Ausschnellungsversuche erfolglos blieben; außerdem habe ich oben eine beim Zerfließen des Tieres auftretende Art von Ausschnellen von den Körnchen von Bursaria erwähnt. Die eigenartige spirale Aufrollung des in einen Faden verwandelten Körnchens vor dem Ausschnellen könnte an Nesselkapseln erinnern. Solche sind unter den Infusorien von CLARAPÉDE et LACHMANN (1858) bei Epistylis umbellaria L. entdeckt worden. Sie unterscheiden sich aber von den Gebilden bei Bursaria dadurch, daß der Faden auch in der Ruhe schon aufgerollt vorhanden ist, während die Aufrollung bei Bursaria erst unmittelbar vor dem Ausschnellen erfolgt. Außerdem liegen die Nesselorgane von Epistylis im Gegensatz zu den Körnchen bei Bursaria parallel der Oberfläche und treten immer paarweise auf. Schließlich konnte ich von einer der bei Epistylis deutlich wahrnehmbaren Kapsel entsprechenden Einrichtung, welche den aufgewundenen Faden umschließt und durch ihr Platzen zum Ausschnellen bringt, nichts beobachten; ich möchte das Vorhandensein einer solchen jedoch nicht ganz in Abrede stellen, da die Art der Aufrollung und das plötzliche Ausschnellen für die Anwesenheit einer Kapsel spricht, so daß die Unmöglichkeit, sie nachzuweisen, vielleicht mit ihrer Zartheit zusammenhängen könnte. Wenn wir nun diese verschiedenen Beobachtungen gegen einander abwägen, so kommen wir zu dem Schlusse, daß wir in den in Frage stehenden Körnchen von Bursaria trichocystenartige Gebilde vor uns haben, welche vielleicht einen Übergang zu Nesselorganen vorstellen. Die Thatsache, daß es außer PROWAZEK (1897, p. 192) und mir keinem der früheren Untersucher von Bursaria trotz aller auf diesen Gegenstand gerichteter Bemühung gelungen war, von den trichocystenartigen Körpern etwas zu sehen, findet vielleicht ihre Erklärung darin, daß diese Gebilde bei Bursaria möglicherweise nur lokal oder nur an einzelnen Individuen auftreten, wie das ja auch von anderen Trichocysten tragenden Infusorien (Prorodon, Frontonia) bekannt ist. Der vermeintliche Nachweis von Trichocysten bei Bursaria durch BRAUER (1886, p. 492), welcher die Alveolarkanten des

Ektoplasmas als Ausdruck einer „Trichocystenschicht“ ansah, wurde schon von Schuberg (1886, p. 351) als irrtümlich widerlegt. Ich vermute, daß Brauer vielleicht an einigen Stellen die eben beschriebenen, trichocystenartigen Gebilde gesehen hat und dadurch zu seiner falschen Ansicht vom Baue des Ektoplasmas gebracht wurde.

Meine Fig. 9e, welche einen Teil eines Querschnittes durch Bursaria in der Körpermitte vorstellt, zeigt noch eine andere, interessante, bis jetzt noch unbekannte Erscheinung. Man sieht hier die Mundspalte (Mu) quer getroffen. Das diese Mundspalte umgebende Plasma (Sp) ist nun in eigenartiger Weise differenziert. Seine schaumige Struktur tritt viel deutlicher hervor als im angrenzenden Endoplasma. Die einzelnen Waben sind beinahe alle von gleicher Größe und sehr dünnwandig. Außerdem färbt es sich heller als das Endoplasma und stimmt darin, wie auch in der Form und Größe seiner Waben, eher mit dem Ektoplasma überein. Manchmal glaubte ich direkt einen Übergang der Alveolen des Ektoplasmas in dieses eigenartige Plasma der Mundspalte feststellen zu können, wie das auch auf Fig. 9e zum Ausdruck kommt. Solche Bilder erweckten in mir die Vermutung, daß es sich bei diesem „Stomatoplasma“, wie wir dieses besonders differenzierte Plasma nennen wollen, vielleicht um eine leistenförmige Einwucherung von Ektoplasma im Bereiche der Mundspalte handle.[1])

Stentor Oken.

Fig. 10a—c.

Wimperapparat: Der Körper der Stentoren besitzt eine schwach schraubenförmige Längsstreifung, die dadurch zu stande kommt, daß breite Rippenstreifen, welche bei den pigmentierten Stentoren das Pigment führen, mit schmäleren, farblosen Zwischenstreifen abwechseln. In den Zwischenstreifen, welche Furchen vorstellen, sind die Cilien eingepflanzt. Auf einer gleichen Ausbildung von erhabenen Rippenstreifen und gefurchten Zwischenstreifen beruht auch die Spiralstreifung des „Stirnfeldes“ (Schuberg 1891, p. 235). Fig. 10a stellt einen Oberflächenschnitt in der Gegend der adoralen

[1]) In der schon erwähnten (cfr. p. 95 Anm.), nach Abschluß meiner Untersuchungen erschienenen Abhandlung beschreibt Kölsch (1902, p. 323) ebenfalls die durch Vitalfärbung mit Neutralrot sichtbar werdenden Körperchen in den Alveolarwaben. Er bildet (Taf. XXVII Fig. 14—17) auch die verschiedenen Stadien der Umbildung dieser Körperchen ab und sieht in derselben einfach einen Verquellungsvorgang.

Zone (AZ) von Stentor niger EHRBG. vor und zeigt in den erwähnten Zwischenstreifen Reihen von Basalkörperchen (B), die durch Eisenhämatoxylin intensiv schwarz gefärbt sind. Man kann sie auch schon beim lebenden Tiere, besonders bei Stentor coeruleus EHRBG., deutlich als stark lichtbrechende Körnchen an der Wimperbasis wahrnehmen. Sie besitzen etwa birnförmige Gestalt und sind, wie aus dem Längsschnitt (Fig. 10b, B) hervorgeht, in dem homogenen Ektoplasma (Ec) eingebettet. Dabei liegen sie tiefer als die ziemlich oberflächlich verlaufenden Myoneme (M) und etwas seitlich von diesen. Ein Blick auf Fig. 10a zeigt, daß die Basalkörperchen und dementsprechend auch die Cilien in den Körpercilienreihen enger bei einander stehen, als in den Cilienreihen des Stirnfeldes. Daß die Cilien hier kürzer seien als dort, wie JOHNSON (1893, p. 486) angiebt, konnte ich nicht beobachten. Dieser Forscher scheint übrigens die Basalkörperchen schon richtig gesehen und als solche erkannt zu haben; denn er beschreibt an der Basis der Cilien von Stentor coeruleus EHRBG. „a thickened basal piece (»Fußstück«)", wovon er auf Pl. XXIII Fig. 7 auch eine gute Abbildung giebt.

Es verläuft je ein Myonem unter jeder Cilienreihe, mit Ausnahme einer einzigen (Fig. 10a und b, Rc), welche parallel der adoralen Zone (AZ) an der Grenze des sog. Peristomstreifens gegen das Stirnfeld (St) hinzieht. Nach den Angaben SCHUBERG's (1891, p. 206) wird die adorale Zone bei Stentor coeruleus EHRBG. „nach innen, d. h. gegen das Peristomfeld zu, durch einen blauen Streifen begrenzt, innerhalb dieses aber, und zwar parallel mit ihm, verläuft ein pigmentfreier Streifen, der mir etwas breiter als die gewöhnlichen Zwischenstreifen zu sein und unter dem eine Fibrille zu fehlen scheint; auch dieser Streifen, den ich als „Randstreifen" bezeichne, wird nach innen zu wieder von einer schmalen pigmentierten Zone begrenzt". SCHUBERG erkannte also richtig, daß in diesem „Randstreifen" kein Myonem vorhanden sei, während ein solches allen übrigen Zwischenstreifen zukommt. Daß aber in dem von ihm entdeckten Randstreifen eine Cilienreihe verläuft, wie Fig. 10a u. b (Rc) zeigen, scheint ihm entgangen zu sein; denn weder in seiner Beschreibung, noch in seinen Abbildungen ist etwas davon zu erkennen. Nach ihrer Lage im Randstreifen werden wir die beschriebene Wimperreihe wohl am besten als „Randcilienreihe" bezeichnen. Die Cilien der Randcilienreihe, von der auch JOHNSON (1893, p. 503) bei der Beschreibung des Peristoms nichts erwähnt, stehen ziemlich dicht, wie die nahe Aneinanderlagerung der Basalkörperchen zeigt.

Von der adoralen Membranellenzone gab SCHUBERG (1891,

p. 207—220) in seiner Arbeit über Stentor coeruleus Ehrbg. eine sehr eingehende, später auch von Johnson (1893, p. 490—491) in den wesentlichsten Punkten bestätigte Schilderung, die mit meinen Beobachtungen an Stentor niger Ehrbg. so gut übereinstimmt, daß ich seinen Angaben nicht viel Neues hinzuzufügen habe. Die einzelnen Membranellen der adoralen Zone (Fig. 10b, Ml) lassen eine „ungefähr dreieckige, etwas gegen das Peristomfeld zu gekrümmte Gestalt erkennen". Beim lebenden Tier stellen sie ganze Plättchen vor; unter dem Einfluß der meisten Reagentien jedoch tritt die bekannte Zerfaserung der Membranellen auch bei Stentor ein. Die von Bütschli und Schewiakoff (1889, p. 1335) entdeckte und von Schuberg (1891, p. 207) eingehender geschilderte Erscheinung, daß die Membranellen von Stentor aus zwei Reihen von Fasern bestehen, was auf eine Konkrescenz aus zwei Cilienreihen hinweist, kann ich ebenfalls bestätigen, wie meine Fig. 10c (Ml) zeigt. Unter den Membranellen befinden sich Basalsäume, die nach Schuberg (1891, p. 208) „in ihrer Mitte durch eine äußerst feine dunkle Linie in zwei parallele schmale Bänder zerlegt erscheinen". Obgleich Schuberg (1891, p. 215) geneigt ist, mit Bütschli (1889, p. 1336) anzunehmen, daß die Basalsäume der Infusorien den „Fußstücken" Engelmann's (1880) entsprechen, so bemerkt er doch ausdrücklich, daß ihm „bei den Basalsäumen eine Trennung in einzelne »Fußstücke«" nicht gelungen sei. Denselben negativen Erfolg hatten auch die hierauf gerichteten Untersuchungen Johnson's (1893, p. 491), der außerdem nicht im stande war, die bilamellöse Struktur der Membranellen bei Stentor nachzuweisen. Die von mir angewendete Eisenhämatoxylinmethode ermöglichte mir nun, den Beweis zu liefern, daß die Basalsäume bei Stentor aus zwei parallelen Reihen von „Fußstücken" oder Basalkörperchen bestehen, wie an meinen Figuren 10a—c (Bs) deutlich zu erkennen ist. Der Längsschnitt durch die adorale Zone (Fig. 10c) zeigt außerdem noch, daß die Membranellen in Vertiefungen der Oberfläche eingesenkt sind. Nun bleibt uns noch die eigenartige Beziehung der Membranellen zum Plasmaleibe zu besprechen übrig. Hier kann ich die Angaben Schuberg's (1891, p. 209—210) bis ins kleinste Detail bestätigen, weshalb ich mich im folgenden hauptsächlich an seine Beschreibung halten will. Man sieht in Fig. 10b—c, daß sich „die Membranelle (Ml) in Gestalt eines etwa dreieckigen Plättchens (Bl) in die Tiefe des Körpers fortsetzt. Dieses Plättchen, welches ich als »Basallamelle« bezeichne, ist, wie gesagt, ein Dreieck, dessen Basis durch den »Basalsaum« (Bs) der zugehörigen Membranelle gebildet wird und dessen

Schenkel gegen das Körperinnere zu leicht gebogen sind. Die Spitze des Dreieckes läuft in ein kurzes feines Fädchen aus, das »Endfädchen« (Ef), welches sich leicht gegen das Vorderende des Tieres zu krümmt." Ferner läßt sich feststellen, „daß die sämtlichen Endfädchen der Basallamellen sich vermittelst einer Fibrille (Bf) vereinigen, welche der adoralen Zone in ihrem ganzen Verlaufe folgt" und als „Basalfibrille" bezeichnet wird. Während SCHUBERG fand, daß Basallamellen und Basalfibrille „in ihrem optischen Verhalten" beide gleich erscheinen, so färbten sich Basalfibrille und Endfädchen mit Eisenhämatoxylin tiefschwarz, die Basallamellen dagegen nur hellgraubraun. Auf die Funktion dieser komplizierten Apparate in der adoralen Membranellenzone werde ich in dem allgemeinen Teile (cfr. p. 133—137) erst näher eingehen.

Morphologisches: Zu meinen Untersuchungen benutzte ich außer Stentor coeruleus EHRBG., St. polymorphus M., St. Roeselii EHRBG., vor allem Stentor niger EHRBG., weil mir diese Art nicht nur in großer Menge zur Verfügung stand, sondern weil sie sich für das Studium der Wimperapparate weit geeigneter erwies, als die großen, sehr kontraktilen Stentorarten. Dies ist dem Umstande zu verdanken, daß die Myoneme bei Stentor niger EHRBG. viel schwächer ausgebildet sind, und dadurch der Bau der Cilien leichter zu erkennen ist.

Was nun den Bau des Ektoplasmas (Ec) betrifft, so stimmen meine Untersuchungen hierüber sehr gut mit den Angaben JOHNSON's (1893, p. 479) überein. Dieser Forscher fand nämlich, daß das Ektoplasma „is of denser structure and of a firmer consistence than the endoplasm" und daß „implanted in its substance are the contractile threads and the »roots« of the cilia". Auch mir erschien das Ektoplasma vollständig homogen und ich konnte ebensowenig wie JOHNSON (1893, p. 480), trotz eifrigen Bemühens, weder im Leben noch auf Schnitten eine Andeutung der von BÜTSCHLI (1889, p. 1262 und 1298, Fig. 14 d) beschriebenen und abgebildeten Alveolarschicht nachweisen, welche „relativ sehr dünn und entsprechend fein strukturiert" sein soll. SCHUBERG, der den Stentor coeruleus EHRBG. sehr eingehend studiert hat, spricht sich über den feineren Bau des Ektoplasmas überhaupt nicht aus.

Das Ektoplasma ist der Sitz des Pigmentes. Dieses tritt bei Stentor niger EHRBG. in Form kaffeebrauner Körnchen auf, wie BÜTSCHLI (1889, p. 1475) richtig vermutete, während STEIN die körnige Beschaffenheit des Pigmentes leugnete und vielmehr eine gleichmäßige Imprägnation der Rippenstreifen durch den Farbstoff annahm.

Die braunen Pigmentkörnchen bedecken die Rippenstreifen gleichmäßig und ebenso auch die erhabenen Stellen zwischen je zwei Membranellen in der adoralen Zone, während die Zwischenstreifen und der Boden der Membranellen selbst frei davon sind. Durch Chloroform wird der Farbstoff als rote Lösung vollständig extrahiert, so daß auf Paraffinschnitten nichts mehr davon zu erkennen ist.

Im Ektoplasma liegen ferner die Myoneme (M). Nach Bütschli (1889, p. 1298, Fig. 14 d) sollen dieselben in einem Kanal längs zu einer Cilienreihe verlaufen, wobei sie „bis dicht an die Pellicula unter der Cilienreihe" heranreichen. Ich fand bei Stentor niger Ehrbg., sowie auch bei den übrigen Stentorarten, die Myoneme ebenfalls dicht unter der Oberfläche im Ektoplasma verlaufen, konnte aber nie, weder beim lebenden Tiere, noch auf gefärbten Präparaten, etwas von einem Kanal beobachten, worin ich mit Johnson (1893, p. 485) übereinstimme, dem es auch trotz aller Bemühung nicht gelang „to find the least evidence of such a structure". Der Querschnitt der Myoneme ist kreisrund.

Das Endoplasma (En) ist fein vacuolär. In ihm finden sich die bei Stentor niger Ehrbg. zahlreich vorhandenen Zoochlorellen (Fig. 10 b, Z).

Spirostomum Ehrbg.

Fig. 11 a—b.

Wimperapparat: Die schraubenförmige Längsstreifung der Spirostomeen hat ihre Ursache in dem Alternieren von erhabenen Rippenstreifen und furchenartigen Zwischenstreifen, in welchen die Cilien eingepflanzt sind und die Myoneme verlaufen. Unser Oberflächenbild (Fig. 11 a) zeigt in den Zwischenstreifen die Basalkörperchen (B) der Cilien in Reihen seitlich von den Myonemen angeordnet. Auf Querschnitten (Fig. 11 b) erkennt man in den Vertiefungen der Zwischenstreifen je eine Cilie mit dem zugehörigen Basalkörperchen. Dieses ist etwa eiförmig und liegt im Ektoplasma tiefer als das Myonem, wie bei Stentor niger Ehrbg

Die adorale Zone (Fig. 11 a, AZ) besteht aus Membranellen, welche eine fächerförmige Gestalt haben, d. h. am freien Rande breiter sind, als an ihrer Basis (Fig. 11 b, Ml). Im übrigen zeigen sie einen ganz ähnlichen Bau, wie die Membranellen von Stentor niger Ehrbg. Man sieht auch bei ihnen einen Basalsaum (Bs), der aus zwei Reihen von Basalkörperchen zusammengesetzt ist. Wir haben also auch bei den Membranellen von Spirostomum anzu-

nehmen, daß sie durch Verklebung zweier Cilienreihen entstanden seien. Unter dem Basalsaum ragt ein dreieckiges Plättchen, die Basallamelle (Bl) in das Endoplasma (En), um in einem Endfädchen (Ef) auszulaufen. Alle Endfädchen scheinen, wie bei Stentor, an ihrem unteren Ende durch eine Basalfibrille vereinigt zu werden; doch bin ich nicht ganz sicher, ob nur eine einzige Basalfibrille oder etwa mehrere vorhanden sind. Die Basallamellen färben sich bei Spirostomum in Übereinstimmung mit Stentor hellbraun, während die Endfädchen und Basalfibrillen eine tiefschwarze Färbung mit Eisenhämatoxylin annehmen.

Morphologisches: Untersucht wurden Spirostomum ambiguum EHRBG. und Sp. teres EHRBG., welche in ihrem Bau keine Verschiedenheiten aufweisen; Spirostomum ambiguum EHRBG. eignete sich durch seine Größe besser.

Das Ektoplasma besteht aus einer homogenen, den Körper nach außen bedeckenden Pellicula. Darunter scheint unmittelbar das Corticalplasma zu liegen, welches unter den Rippenstreifen zahlreiche kleinste Körnchen (J) enthält, die sich mit Neutralrot intra vitam intensiv dunkelrot färben und mit Eisenhämatoxylin eine dunkelbraune Färbung zeigen.

Das Endoplasma (En) ist reich an großen Vacuolen und erinnert dadurch an den Bau gewisser Pflanzenzellen; die Vacuolen nehmen von innen nach außen an Größe ab.

Die den Körper spiral umziehenden Myoneme (M) verlaufen in den Zwischenstreifen im Ektoplasma dicht unter der Oberfläche. Außer diesen Längsmyonemen scheint auch noch eine Art Ringmuskelschicht ausgebildet zu sein, indem auf dem Querschnitt (Fig. 11 b) einzelne schwarze Fasern (Mr) im Corticalplasma auftreten, welche vielleicht als Myoneme aufzufassen sind. Mit der adoralen Zone zieht rechts und links je ein stärkeres Myonem (Mz) hin. Vielleicht bewirken diese „zonalen" Myoneme, wie wir sie nennen wollen, die wiederholt beobachtete Torsion des Spirostomum (BÜTSCHLI 1889, p. 1794), von der STEIN annahm, daß sie darauf beruhe, daß sich nicht die Myoneme aller Körperstreifen gleichzeitig kontrahieren, wie bei normaler Zusammenziehung, sondern nur eine Anzahl benachbarter. Bei solchen Spirostomeen erfolgt also die Kontraktion längs eines den Körper schraubig umziehenden Bandes nach Art des Vorticellenstieles. Die Wirkung eines solchen Bandes ist vielleicht auf die beiden starken zonalen Myoneme zurückzuführen.

Stylonychia Ehrbg.

Fig. 12 a—e.

Wimperapparat: Wenn wir zunächst den Bau der adoralen Zone betrachten, so ist bekannt, daß diese auf dem linken Rande des Peristoms nach vorne ziehend das Vorderende umgreift und sich noch ein Stück auf der rechten Körperseite nach unten fortsetzt. Sie besteht, wie bei den Heterotrichen, aus Membranellen, was zuerst Sterki (1878, p. 44—47) nachwies. Die Form der einzelnen Membranellen ist im großen Ganzen die eines dreieckigen Plättchens, welches bei der hier untersuchten Stylonychia histrio O. F. M. (Fig. 12 b, Ml) einigermaßen an die Gestalt eines Haifischzahnes erinnert. Bezüglich des feineren Baues finden wir hier zum Teile ganz dieselben Einrichtungen, die wir schon bei den Membranellen der Heterotrichen kennen gelernt haben. Die Membranellen zeigen eine feine Streifung. Sie erheben sich über „Leisten einer stark lichtbrechenden Substanz", wie schon Engelmann (1880, p. 506) beschrieb. Meine Untersuchungen ergaben nun, daß diese Leisten durch die Aneinanderlagerung schwarzer Körnchen gebildet werden, welche als Basalkörperchen aufzufassen sind. Wir haben hier also ebenfalls einen charakteristischen Basalsaum (Bs), wie auch Engelmann vermutete. Die Übereinstimmung mit den Membranellen der Heterotrichen erstreckt sich interessanterweise auch auf die Thatsache, daß der erwähnte Basalsaum aus zwei Reihen von Basalkörperchen zusammengesetzt wird. Dies ist auf Oberflächenbildern (Fig. 12 a, Bs) und Längsschnitten durch die adorale Zone (dieselbe Figur 12 a, am oberen Rande [Bs]) deutlich zu erkennen. Wir dürfen deshalb auch für die Membranellen von Stylonychia annehmen, daß sie ihre Entstehung der Konkrescenz zweier Cilienreihen verdanken. Die bilamellöse Struktur der Membranellen sah auch Schuberg (1891, p. 213) bei mehreren Hypotrichen und vermutete, daß sie allgemein verbreitet sei. Die Basalkörperchen des Basalsaumes sind in einer homogenen Substanz eingebettet, welche eine ektoplasmatische Verdickung vorstellt und vielleicht der Basallamelle (Bl) der undulierenden Membranen entspricht; sie ist hier nur sehr wenig ausgebildet. Manchmal konnte ich auf Längsschnitten durch die adorale Zone (Fig. 12 a, oberer Rand) deutlich wahrnehmen, wie von dem Basalsaume jeder Membranelle eine feine schwarze Linie (Bf) in das Endoplasma hineinzieht. Die „Basalfasern", wie wir diese Linien nennen wollen, scheinen alle nach der Richtung der Ursprungs-

stelle der adoralen Zone hin zu konvergieren, konnten aber nur eine kurze Strecke weit im Endoplasma verfolgt werden, wo sie frei endigen.

Von den undulierenden Membranen bei Stylonychia histrio O. F. M. habe ich besonders die große präorale Membran untersucht und auf Fig. 12a (Mbp) abgebildet. Die Streifung ist sehr deutlich und meist ist die ganze Membran in einzelne Fibrillenkomplexe zerfasert. An der Basis der Membran verläuft ein Basalsaum (Bs), der aus einer Reihe eng an einander liegender Basalkörperchen besteht, die in einer geringen Menge homogenen Ektoplasmas eingebettet liegen. Wie Querschnitte ergeben, besteht der Basalsaum aus nur einer Basalkörperchenreihe, was übrigens auch auf dem Oberflächenbild (Fig. 12a, Bs') zu erkennen ist. Dies weist darauf hin, daß diese undulierende Membran auch nur aus einer einzigen Cilienreihe ihren Ursprung nahm. Denselben Bau, wie die beschriebene präorale Membran, zeigen auch die beiden anderen undulierenden Membranen des Peristoms.

Im Anschluß an die Beschreibung der Peristomeinrichtung will ich erwähnen, daß sich auch bei den dort auftretenden Cilienreihen die Basalkörperchen deutlich zeigten. Sie sind kugelig und klein und gleichen denen der undulierenden Membranen vollständig, nur sind sie weiter von einander entfernt.

Was nun die Cirren, die charakteristischen Wimpergebilde der Hypotrichen betrifft, so stellen sie sich als dicke, gegen das freie Ende zugespitzte Bewegungsorgane dar. Ihr Querschnitt ist mehr oder weniger polygonal, kreisrund, elliptisch oder schmal bandförmig. Ein wichtiges Merkmal der Cirren ist die Eigenschaft, sich leicht in einzelne Fibrillen zerfasern zu lassen. Auf die Zusammensetzung aus einzelnen Fibrillen deutet auch die schon im Leben (Fig. 12e, Rc), aber noch besser am gefärbten Tiere (Fig. 12c, Sc) wahrnehmbare, feine Längsstreifung. An der Basis der Cirren sah MAUPAS (1883, p. 622 Anm.) eine feine Platte „de substance plus dense et plus opaque, qui correspond, sans doute, morphologiquement au plateau (Deckel, Basalsaum, Fußstücke) des cellules vibratiles". Es gelang mir, diese Vermutung MAUPAS' zu bestätigen, indem ich an der Basis der Cirren Basalkörperchen nachweisen konnte, die in ihrer Gesamtheit einen Basalsaum bilden. Fig. 12c (Bs) zeigt diese Verhältnisse an zwei großen Stirncirren (Sc); dabei ist leicht zu erkennen, daß die einzelnen Fibrillen je aus einem Basalkörperchen hervortreten. Wir dürfen

nach diesen Befunden wohl annehmen, daß die Cirren aus einem Büschel verschmolzener Cilien bestehen. Bezüglich der Verbindung der Cirren mit dem Plasmaleib hatte Engelmann (1880, p. 522) bei Stylonychia mytilus O. F. M. gefunden, daß von jeder Randcirre „eine äußerst feine und blasse, sicher nicht über 0,2 μ dicke, homogene, anscheinend weiche Faser" ausgehe, „die ziemlich dicht unter dem Ektoplasma, in senkrecht zum Seitenrand des Körpers, der Bauchfläche parallel gerichtetem Lauf der Mittellinie des Leibes zustrebt". Diese Beobachtung wurde von Maupas (1883, p. 622) für Euplotes bestätigt und auch auf die Aftercirren ausgedehnt, während Schuberg (1891, p. 214) „bei Urostyla grandis Ehrbg. bei allen Cirren fädchenartige Verlängerungen in das Körperinnere aufgefunden" haben will. Diese intracellulären Verlängerungen, die wir als „Basalfasern" bezeichnen wollen, konnte ich ebenfalls für Stylonychia histrio O. F. M. an den Randcirren (Rc) nachweisen. Schon beim lebenden Tiere sieht man, daß diese Basalfasern (Fig. 12e, Bf) zwar der Körpermitte zustreben, aber sich dort nicht vereinigen, wie Engelmann vermutete. Sie ziehen nur eine Strecke weit ins Endoplasma (En) und laufen dort getrennt fein aus. Dies ist besonders deutlich an Eisenhämatoxylin-Präparaten zu sehen, wo die Basalfasern (Fig. 12d, Bf) sehr dunkel gefärbt sind. Die Substanz der Basalfasern scheint mir im Gegensatz zu der Annahme Engelmann's, welcher sie für „anscheinend weich" hielt, ziemlich hart und widerstandsfähig zu sein, was ich aus ihrem starren Aussehen, ihrer starken Tingierbarkeit und aus der Thatsache schließen möchte, daß sie von Reagentien nur wenig angegriffen werden. Auf ihre vermutliche Funktion werde ich erst im allgemeinen Teile (cfr. p. 139—140) eingehen.

Schließlich haben wir noch der unbeweglichen, starren Rückenborsten bei Stylonychia zu gedenken, die bekanntlich als Tastorgane aufgefaßt werden. Sie sind in wenigen Längsfurchen auf den Rücken eingepflanzt, so daß sie auf einem Querschnitt (Fig. 12e, Rb) in den den Furchen entsprechenden Einkerbungen der Dorsalseite zu sehen sind. Dort entspringen sie als cilienartige Fädchen und durchbohren die Pellicula (P), um im Endoplasma (En) mit einem kugeligen Basalkörperchen (B) zu endigen. Diese vollständige Übereinstimmung der Rückenborsten mit den Cilien in ihrem Bau weist auf deren nahe Verwandtschaft hin, was in jüngster Zeit auch wieder von Wallengren (1901, p. 32, 54) hervorgehoben wurde.

Carchesium EHRBG.

Fig. 13 a—e.

Wimperapparat: Wir wollen mit der Betrachtung der Wimpereinrichtung im Peristom und in der Vestibulareinsenkung beginnen. Das Peristom eignet sich zu ihrem Studium wenig, weil es bei den fixierten Tieren stets so sehr zusammengezogen ist, daß von feineren Verhältnissen nicht viel zu erkennen ist. Um so besser läßt sich nun die Bewimperung der Vestibulareinsenkung untersuchen. Als Vestibulum wird bei den Peritrichen nach BÜTSCHLI (1889, p. 1358) eine röhrenförmige Einsenkung derjenigen Körperpartie bezeichnet, an welcher Mund, After und Ausmündung der kontraktilen Vakuole liegen. Dieses kanalartige Vestibulum ist bei den Vorticellinen von ihrem Beginne am Ende der Peristomrinne aus eine kurze Strecke senkrecht nach unten gerichtet, verläuft aber dann horizontal im Körper weiter bis zur eigentlichen Mundöffnung, wo die Schlundröhre beginnt und unter fast rechtwinkliger Abbiegung nach unten hinzieht. Auf einem Längsschnitt durch das Vestibulum (Fig. 13 b, V) erkennt man eine undulierende Membran (Mb). Dieselbe erhebt sich über einem aus tiefschwarz gefärbten Basalkörperchen zusammengesetzten Basalsaume (Bs), der in eine aus homogenem Ektoplasma gebildete Basallamelle (Bl) eingepflanzt ist. Wie ein Querschnitt durch die Vestibulareinsenkung (Fig. 13 a, V) zeigt, verlaufen in dieser zwei solche undulierende Membranen (Mb). Jede derselben erhebt sich über einem Basalsaum (Bs), der sich aus je drei Reihen von Basalkörperchen zusammensetzt. Beide Basalsäume liegen in einer einheitlichen Basallamelle (Bl). Die Zusammensetzung der beiden Basalsäume dieser undulierenden Membranen in der Vestibulareinsenkung aus drei Reihen von Basalkörperchen ist auch sehr schön an Schnitten zu sehen, welche parallel dem Boden der Vestibulareinsenkung (Fig. 13 c, V) geführt sind und die Decke dieser abgehoben haben, so daß man auf die Basalsäume (Bs) der beiden undulierenden Membranen von oben her sehen kann. Wie Fig. 13 a zeigt, entspricht jedem Basalkörperchen des Basalsaumes (Bs) eine Fibrille in der undulierenden Membran (Mb). Da nun aber nach unseren Befunden an den undulierenden Membranen und Membranellen anderer Infusorien jede Fibrille als Cilie aufzufassen ist, so dürfen wir annehmen, daß die beiden undulierenden Membranen in der Vestibulareinsenkung von Carchesium polypinum EHRBG. ihre Entstehung der Konkrescenz dreier Cilienreihen verdanken. Wie stimmen nun unsere Befunde über die Vestibularbe-

wimperung mit den Untersuchungen früherer Forscher überein? Nach der Darstellung Bütschli's (1889, p. 1385—86), welche sich auf eigene Beobachtung, sowie auf die früherer Forscher stützt, setzen sich von der Peristomrinne aus „beide Reihen Wimpergebilde in schraubigem Verlauf bis ans innere Ende des Vestibulums fort" und es „erfährt die äußere oder zonale Reihe der Spirale kurz vor dem Vestibulareingange eine Umbildung zu einer Membran". Daß sich nun auch die innere oder „parorale" Reihe als undulierende Membran im Vestibulum erkennen läßt, davon scheint bisher nichts bekannt gewesen zu sein. Bütschli erwähnt von ihrem Verhalten im Vestibulum wenigstens nichts.

Die häufig beschriebenen und auch von Bütschli (1889, p. 1385) erwähnten Borsten, cirrenartigen Gebilde und Cilien im Vestibulum und Schlund scheinen nach meinen Untersuchungen nirgends vorzuliegen. Nach meiner Ansicht sind alle diese Erscheinungen auf eine optische Täuschung zurückzuführen, welche durch Querschnittsbilder durch die beiden undulierenden Membranen im Vestibulum erzeugt wurden. Daß eine solche Täuschung sehr leicht möglich ist, davon habe ich mich selbst sowohl auf gefärbten Präparaten (Fig. 13 a, Mb), als auch beim lebenden Tiere, überzeugt.

Wie verhalten sich nun die beiden undulierenden Membranen des Vestibulums bei ihrem Übergang in die freie Peristomrinne? Wie schon oben erwähnt, ist es schwer, auf gefärbten Präparaten eine richtige Vorstellung von der Peristombewimperung zu bekommen. Alles, was man hier erkennen kann, ist, daß sich auf dem Querschnitt durch die Peristomrinne zwei schwarze Basalsäume (Fig. 13 a und b, Bs') zeigen, deren Zusammensetzung aus einzelnen Basalkörperchen kaum zu erkennen ist. Aus jedem dieser beiden Basalsäume entspringt ein Wimpergebilde, das im Querschnitt aus mehreren Fibrillen besteht. Wir haben hier, wenn auch weit undeutlicher, ähnliche Verhältnisse, wie auf Querschnitten durch das Vestibulum (Fig. 13 a, V). Dies läßt vermuten, daß auch die Peristombewimperung sich aus zwei undulierenden Membranen zusammensetzt, die sich unverändert in das Vestibulum fortsetzen. Für diese Ansicht spricht auch die Untersuchung am lebenden Tiere, wo es mir stets den Eindruck machte, daß die beiden im Peristom vorhandenen Wimpergebilde je aus einer undulierenden Membran bestehen.

Jede dieser beiden Membranen erscheint an ihrer Basis zusammenhängend, während ihr freier Rand sehr stark zerfasert ist, so daß leicht das Bild einer Cilien- oder Membranellenreihe vorgetäuscht werden kann. Eine solche Täuschung wird noch dadurch

begünstigt, daß am lebenden Tiere bei der Einstellung auf den optischen Längsschnitt der Querschnitt der beiden undulierenden Membranen den Eindruck zweier Cilien oder zweier sehr hoher Membranellen erweckt. Dieser Erscheinung ist es wohl vor allem zuzuschreiben, daß bisher die adorale Zone der Peritrichen als aus zwei Reihen von Cilien, resp. Membranellen (BÜTSCHLI 1889, p. 1339) zusammengesetzt beschrieben wurde. Doch vermutete schon BÜTSCHLI, „daß die einzelnen Wimpergebilde der Zone in ihrer basalen Hälfte zu einer zusammenhängenden undulierenden Membran vereinigt" seien. Für diese letztere Ansicht sprechen, wie schon bemerkt, meine Untersuchungen an Carchesium und Vorticella vollständig. Wie sich andere Peritriche in dieser Beziehung verhalten, darüber kann ich keine Auskunft geben; doch glaube ich, daß den geschilderten Verhältnissen eine weitere Verbreitung unter den Peritrichen zukommt.

Wir gehen nun zur Betrachtung des Wimperapparates am hinteren Wimperkranz von Carchesium polypinum EHRBG. über. Von ENGELMANN (1880, p. 509) wurde derselbe als aus schief gestellten Reihen von Cilien bestehend beschrieben, wobei jede Cilie aus einem den „Fußstücken" der Flimmerzellen der Metazoen zu vergleichenden „Körnchen" entspringen soll. BÜTSCHLI (1889, p. 1339) beobachtete aber, daß der hintere Wimperkranz bei Carchesium aus schief gestellten „membranellenartigen Gebilden" zusammengesetzt sei. Die Richtigkeit der Ansicht BÜTSCHLI's kann ich bestätigen. Meine Fig. 13 b (Mla) zeigt, daß die in Rede stehenden Wimpergebilde in der That einen membranellenartigen Bau aufweisen. Sie erheben sich über einem aus nur wenigen (wahrscheinlich nur drei) Basalkörperchen gebildeten Basalsaum (Bs"), wobei jedem Basalkörperchen eine Fibrille entspricht. Die einzelnen Basalkörperchen sind identisch mit den von ENGELMANN (1880, p. 509) beschriebenen „Körnchen" an der Cilienbasis. Wie ein Oberflächenbild (Fig. 13 d, Bs") erkennen läßt, bestehen die Basalsäume nur aus je einer Reihe von Basalkörperchen und sind schief gerichtet. Auf einem Längsschnitt durch den Wimperkranz (Fig. 13 e), wo die einzelnen membranellenartigen Gebilde (Mla) quer getroffen sind, kann man die Zusammensetzung der Basalsäume (Bs") aus je einer Reihe ebenfalls leicht wahrnehmen. Demnach wird der hintere Wimperkranz bei Carchesium aus membranellenartigen Wimperapparaten gebildet, welche durch Verschmelzung von wahrscheinlich je drei Cilien entstanden zu denken und schief zur Längsachse des Tieres angeordnet sind. Diese membranellenartigen Wimpergebilde sind meiner Meinung

nach von den Membranellen der adoralen Zone streng aus einander zu halten und ich möchte sie daher nicht als Membranellen bezeichnen, sondern für sie einen eigenen Namen „Membranulae“ vorschlagen. Die Gründe, die mich zu einer solchen Trennung veranlassen, sind hauptsächlich die, daß die Membranellen aus zwei Fibrillenreihen bestehen und die adorale Zone zusammensetzen, während die „Membranulae“ nur aus einer einzigen Reihe von Cilien gebildet werden und in keiner Beziehung zur adoralen Zone stehen. Auf die nähere Definition der „Membranulae“ werde ich im allgemeinen Teile (cfr. p. 137—138) eingehen.

Die Bewimperung am hinteren Wimperkranze tritt bei den gestielten Vorticellinen bekanntlich nur auf, wenn sich das Tier vom Stiel loslösen und frei umherschwimmen will. Auf diesen Zustand bezieht sich natürlich auch die soeben gegebene Beschreibung der Membranulae. Wenn sich das Tier von neuem festsetzt, so verschwinden die Cilien, indem sie entweder abgeworfen oder, wie Wallengren (1901, p. 24) annimmt, allmählich eingezogen werden. Nach dem Verschwinden der Membranulae sind die Basalsäume noch längere Zeit zu erkennen; ein solches Stadium zeigt z. B. unsere Fig. 13 d. Allmählich wird der Basalsaum jedoch undeutlicher und erscheint schließlich nur noch als homogener Ring, der nach Brauer (1886, p. 505) den Namen „hinterer Wimperring“ (Fig. 13 a, W) trägt.

Morphologisches: Zu meinen Untersuchungen über den feineren Bau der Peritrichen benützte ich Carchesium polypinum Ehrbg. und Vorticella nebulifera O. F. M. Da beide Gattungen übereinstimmende Bauverhältnisse zeigten, so habe ich mich auf die Beschreibung des koloniebildenden Carchesium beschränkt.

Was nun die verschiedenen Plasmaschichten betrifft, so bedeckt den Körper nach außen eine deutlich sichtbare Pellicula (P). Von der im Leben leicht wahrnehmbaren Querringelung derselben ist auf meinen Präparaten nichts mehr zu erkennen, ebensowenig von der dicht unter der Pellicula gelegenen Körnerschicht. Das Corticalplasma (Co) erreicht, wie auch Bütschli (1889, p. 1277) erwähnt, am Hinterende eine starke Verdickung, indem es dort das ganze Gebiet zwischen Pellicula (P) und Myonemenschicht (M) einnimmt. Es zeigt einen ziemlich homogenen, etwas faserigen Bau, wobei die Faserung (Fig. 13 a und b, Co) radial verläuft. Eine ungefähr kegelförmige Corticalplasmaanhäufung (Cok) findet sich über der Wurzel des Stielmuskels mit der Spitze gegen das Endoplasma (En) gerichtet. Dieses letztere ist feinwabig gebaut und reich an kleineren und größeren Körnchen (J).

Der Stielmuskel (Fig. 13a, Ms) zeigt bei Eisenhämatoxylinfärbung ein homogenes, tiefschwarzes Aussehen; von einer fibrillären Struktur, wie sie BÜTSCHLI (1889, p. 1310) vermutet, ist nichts wahrzunehmen. Neben dem Stielmuskel verläuft innerhalb der hellgefärbten, verworren faserigen Stielscheide (Ss) an einer Seite ein Körnchenstreifen (Ks), der auch von BÜTSCHLI (1889, p. 1308) beschrieben wurde und dessen einzelne Körnchen bei Vitalfärbung mit Neutralrot eine dunkelrote Farbe annehmen, wie schon PROWAZEK (1897, p. 193) feststellte. Bei Tieren, welche den hinteren Wimperkranz entwickelt und sich von dem Stiele losgelöst haben, ist der Stielmuskel in den Präparaten noch als ein schwarzgefärbter Pfropf (Fig. 13b, Msp) am Hinterende des Körpers zu erkennen; von der Stielscheide (Ss) sind nur kleine Überreste am Hinterende zurückgeblieben. Von der Ursprungsstelle des Stielmuskels aus ziehen mehrere Myoneme (M) gegen den hinteren Wimperkranz gerichtet und von da dem Körper entlang bis zum Peristom. Dabei verbinden sie sich nicht mit dem hinteren Wimperring (W), sondern ziehen in einiger Entfernung von diesem nach oben (Fig. 13a, b, e; M); dies konstatierte schon BRAUER (1886, p. 506) ganz richtig, während es BÜTSCHLI (1889, p. 1295—96) mit Unrecht bezweifelte. Ungefähr in der Mitte der Strecke zwischen Stielmuskelanfang und Wimperring teilt sich jedes Myonem einmal dichotomisch in zwei gleich starke Äste, die eine kurze Strecke über dem Wimperring die Oberfläche beinahe erreichen und dann entlang dieser bis an das Peristom ziehen.

Bei dieser Gelegenheit habe ich noch eine Beobachtung zu erwähnen, die ich am freien Rande des Peristomsaumes (Ps) machte. Man sieht hier auf Eisenhämatoxylinpräparaten eine schwarz gefärbte Verdickung (Fig. 13b, Psr) der Pellicula am Peristomsaumrande. Ich möchte vermuten, daß wir hierin eine Kontraktionseinrichtung zu erblicken haben, die den Peristomsaum sphincterartig zu verengern vermag. Weitere Anhaltspunkte, als die mit den Myonemen übereinstimmende Färbung und die hypothetische Notwendigkeit einer in diesem Sinne wirkenden Einrichtung, habe ich für diese Deutung der erwähnten Pellicularverdichtung nicht. Eine andere sphincterartig wirkende Kontraktionsvorrichtung in Gestalt von Myonemen konnte ich ebensowenig wahrnehmen, wie BÜTSCHLI (1889, p. 1296).

Allgemeiner Teil.

I. Wimpereinrichtung.

A. Wimperapparate der Infusorien.

Cilie.

Die Cilien der Infusorien stellen äußerst feine, haarartige Fädchen von plasmatischer Substanz vor und sind als kontraktile Primitivfibrillen oder Myofibrillen (Apáthy 1897, p. 700) aufzufassen. Sie unterscheiden sich vom übrigen Protoplasma durch ihre Doppelbrechung und größere Konsistenz, die sich in der stärkeren Widerstandskraft gegen gewisse Reagentien (z. B. Soda) zu erkennen giebt. Im Leben wie in gefärbten Präparaten erscheinen sie vollständig homogen. Nach Tönniges (1898, p. 130) sollen dagegen bei Opalina die Cilien „aus abwechselnd helleren und dunkleren Abschnitten, welche eine regelmässige Aufeinanderfolge erkennen lassen", bestehen. Von einer solchen Struktur der Wimpern konnte ich aber ebensowenig etwas sehen, als alle früheren Untersucher (Bütschli 1889, p. 1326), und möchte daher an der Homogenität der Cilien festhalten. Bezüglich der Form der Cilien herrschen noch immer zwei verschiedene Ansichten. Auf der einen Seite nimmt man an, daß die Wimper von ihrer Basis bis an die Spitze gleich dick sei, während nach der Meinung der anderen die Cilie an der Spitze haarförmig auslaufe. Der erstere Fall ist bei den Geißeln der Flagellaten der gewöhnliche; dagegen scheint bei den Cilien der Infusorien eine haarförmige Zuspitzung weiter verbreitet zu sein. Bütschli (1889, p. 1324) nimmt an, daß sich bei den Ciliaten beide Fälle vorfinden. Maupas (1883, p. 535) glaubt, daß die Cilien von der Basis bis zur Spitze gleich dick seien. Dagegen beobachtete Tönniges (1898, p. 130), daß die Cilien von Opalina sehr wahrscheinlich „nur gegen das Ende zu ein wenig zugespitzt seien". Auch mir machte es den Eindruck, als ob bei den von mir untersuchten Formen die Cilien am Ende stets fein ausliefen, wie auch meine Abbildungen erkennen lassen.

Die Anordnung der Cilien ist bei den Infusorien stets eine sehr regelmäßige. Meist stehen sie in Reihen, welche auf dem Körper meridional, schraubenförmig oder sonst wie verlaufen. Nur aus-

nahmsweise fehlt die Reihenanordnung, so z. B. bei Paramaecium, wo die Cilien den Körper gleichmäßig, aber stets in gleichen Abständen von einander entfernt, bedecken und je in der Mitte eines regelmäßig begrenzten Feldchens (cfr. p. 91, Fig. 6a, F.) stehen.

Die Cilien liegen in Vertiefungen der Oberfläche, was sich bei den Infusorien nach meinen Beobachtungen als allgemein gültige Regel aufstellen läßt. Bei Paramaecium (cfr. p. 91) kommt das dadurch zu stande, daß die einzelnen Feldchen, aus deren Mitten die Cilien entspringen, grubenförmig vertieft sind. Bei der Mehrzahl der Infusorien jedoch sind die Cilien in Furchen eingepflanzt, die im Verlaufe der Cilienreihen hinziehen und der Oberfläche eine eigenartige Skulptur verleihen. Die Furchenbildung ist geradezu abhängig von dem Vorhandensein der Cilien, worauf wir schon bei Chilodon (cfr. p. 86) hingewiesen haben. Wir konnten dort feststellen, daß die nackte Rückenseite vollständig glatt ist, während die bewimperte Bauchfläche Furchen zeigt, und zwar ist bei dem mit vollständig bewimperter Bauchfläche versehenen Chilodon cucullulus O. F. M. (Fig. 3c) auch die Furchung derselben eine vollständige, wogegen bei Chilodon uncinatus EHRBG. (Fig. 3b) die nackten Seiten und die unbewimperte Mitte der Bauchfläche dementsprechend auch keine Furchen zeigen.

Wenden wir uns nun zu der Verbindung der Cilien mit dem Körper der Infusorien! Früher nahm man fast allgemein (DUJARDIN, KÖLLIKER, STEIN, HÄCKEL, FFOMMENTEL, SIMROTH, ZELLER, KENT, MAUPAS) an, daß die Cilien die Pellicula durchsetzen. BÜTSCHLI (1889, p. 1325) leugnete dagegen in seinem großen Protozoënwerke eine solche Durchbohrung, da „die direkte Beobachtung, wie andere Gründe" dafür sprechen, daß „ihre Substanz kontinuierlich mit der der Pellicula" zusammenhänge. Die neueren Untersuchungen scheinen nun die Angaben der älteren Forscher zu bestätigen. So verlegt JOHNSON (1893, p. 479) bei Stentor coeruleus EHRBG. den Ursprung der Cilien in das Ektoplasma, indem er sie als „implanted in its substance" beschreibt. In gleicher Weise durchsetzen die Cilien nach TÖNNIGES (1898, p. 129) die äußere Körperschicht. Dieselbe Ansicht spricht PÜTTER (1900, p. 251) und in neuester Zeit auch LANG (1901, p. 114) aus. Ebenso läßt VERWORN (1901, p. 86, 161) in seiner PÜTTER'schen Textfigur von Paramaecium die Cilien durch die Pellicula hindurchtreten. Bei allen von mir untersuchten Formen fand auch ich, daß die Wimpern die äußeren Ektoplasmaschichten durchsetzen, so wie das an allen Querschnittsbildern (Fig. 1b, c; 2b, d; 3b, c; etc.) deutlich zu sehen ist. Die Durchbohrung erfolgt

bei Ciliaten mit Alveolarschicht (Prorodon, Bursaria) so, daß die Cilie innerhalb einer Alveolarkante verläuft. Eine Beziehung der Cilien zu den Alveolarkanten nimmt auch Bütschli (1889, p. 1327) an, während sie Schuberg (1886, p. 355) bei Bursaria (cfr. p. 100) mit Unrecht leugnet.

Über die Endigung der Cilien im Plasma, nachdem sie die Pellicula durchsetzt haben, hatte man bis jetzt keine richtige Vorstellung. Man suchte vergeblich nach einer Übereinstimmung der Cilieninsertion der Protozoen mit den Einrichtungen, welche bei den Wimperzellen der Metazoen vorliegen. Engelmann (1880, p. 507—509), nach dessen Angaben die Wimpern der Flimmerzellen der Metazoen aus körnchenartigen Verdickungen, die er „Fußstücke" nannte, entspringen, fand einen ähnlichen Zusammenhang der Cilien mit Fußstücken auch an dem hinteren Wimperkranz bei Carchesium polypinum Ehrbg., wie wir schon früher (cfr. p. 116) erwähnten. Dies ließ vermuten, daß eine solche Einrichtung bei den Infusorien weiter verbreitet sei. Engelmann (1880, p. 506) selbst hatte jedoch bei der Auffindung solcher Fußstücke oder Basalkörperchen unter den Ciliaten keinen weiteren Erfolg und betrachtete deshalb bei ihnen „die Cilien als direkte Verlängerungen des Protoplasmas". Bütschli (1889, p. 1326—27), nach dessen früherer Ansicht die Cilien gewöhnlich auf kleinen Papillen der Oberfläche entspringen, hielt es für fraglich, „ob diese Cilienpapillen dem zu vergleichen sind, was man an den Cilien der Flimmerzellen höherer Tiere als Fußstücke beschrieben hat"; vieles scheint ihm „eher darauf hinzuweisen, daß der sog. Basalsaum mit der Alveolarschicht der Infusorien vergleichbar ist". Dieser Ansicht schließt sich Verworn (1891, p. 180) in seinen „Studien zur Physiologie der Flimmerbewegung" an, indem er die Alveolarschicht der Ciliaten geradezu als „Teile eines Mechanismus" für die Flimmerbewegung auffassen möchte, eine Ansicht, die schon aus dem Grunde nicht haltbar ist, weil ja bekanntlich die Alveolarschicht auch an Stellen ausgebildet sein kann, wo sich keine Cilien vorfinden. so z. B. in der Peristomeinsenkung von Bursaria. Johnson (1893, p. 486) fand an der Cilienbasis von Stentor coeruleus Ehrbg. „a thickened basal piece (»Fußstück«)" nach Einwirkung von Osmiumsäure. Ohne Zweifel entspricht dieses Gebilde den von uns bei Stentor niger Ehrbg. näher beschriebenen Basalkörperchen, deren Vorhandensein auch ich beim lebenden Stentor coeruleus Ehrbg. feststellen konnte.

Tönniges (1898, p. 128) spricht bei Opalina von „kleinen, sich dunkler färbenden Punkten", welche „die Basen der Wimpern dar-

stellen". Ich vermute (cfr. p. 79), daß ihm hier die Basalkörperchen vorlagen, obgleich TÖNNIGES selbst sich darüber nicht ausspricht und auch in seiner schematischen Textfigur nichts davon abbildet. HOYER (1899, p. 100—102) hat die Basalkörperchen bei Colpidium colpoda St. zwar gesehen und abgebildet, aber nicht als solche erkannt; denn was er als Basalkörperchen beschreibt, sind ganz andere Gebilde, wie ich im folgenden beweisen werde. Nach HOYER besteht die Oberfläche von Colpidium aus hellen Furchen und dunklen Leisten, die sich nach beiden Enden zu verschmälern. Bei differenter Färbung mit Eisenhämatoxylin „erscheinen nun die Leisten in dem hinter dem Munde gelegenen breiteren Abschnitte zweizeilig, im vorderen dagegen einzeilig. Die einzelne Zeile setzt sich wiederum nach Art der früheren Telegraphenzeichen aus einer Reihe von Punkten und Strichen zusammen, welche sich regellos sowohl in der einzelnen Zeile als auch in Beziehung auf diejenigen der Nachbarzeile folgen". Am Vorderende zeigt es sich, daß beide Zeilen zu einer einzigen zusammenfließen und nunmehr lediglich aus Punkten gebildet werden. Diesen Punkten entsprechen nun nach HOYER auf Querschnitten „vereinzelte oder paarige intensiv gefärbte kurze Stäbchen, deren Stellung zur Zelloberfläche im großen und ganzen eine senkrechte ist. Diese eigentümlichen Gebilde stellen sich nun bei eingehender Prüfung als die Wurzeln der Cilien dar, welche selbst nur sehr schwach gefärbt erscheinen". HOYER will sie deshalb mit den Basalkörperchen der Metazoenflimmerzellen verglichen wissen. Allein verschiedene Thatsachen sprechen gegen eine solche Deutung. Vor allem ist bekannt, besonders durch die eingehenden Untersuchungen SCHEWIAKOFF's (1889, p. 42), daß die Cilien den Körper von Colpidium in regelmäßigen einzeiligen Reihen bedecken, während nach der Beschreibung HOYER's in der Hauptpartie des Körpers zweizeilige Cilienreihen vorhanden wären, die nach vorne einzeilig würden, eine Unregelmäßigkeit in der Anordnung der Cilien, die schon an und für sich sehr unwahrscheinlich und bei keinem anderen Infusor zu finden ist. Außerdem liegen die Cilien in den Furchen der Oberfläche, während sie HOYER auf die Leisten verlegt. Ferner weist HOYER selbst noch darauf hin, daß es nach seiner Erklärungsweise noch unentschieden bleibe, „welche Bedeutung den Strichen zukommt, welche sich zwischen den Punkten der Doppelzeilen finden". Endlich kann ich auf HOYER's Querschnitt (Fig. 3), der ja beweisend für die Basalkörperchennatur der in Rede stehenden Gebilde sein soll, absolut keine Beziehung zu den Cilien finden. Alle diese Punkte lassen sich

gegen Hoyer's Ansicht ins Feld führen. Und dennoch hat er die Basalkörperchen gesehen und gezeichnet. Wie wir schon oben erwähnten, liegen bei Colpidium die Cilien in den Furchen der Oberfläche, und hier finden wir auch auf Hoyer's Fig. 1 je eine Reihe feiner Punkte, die er bei der Erklärung dieser Figur nicht erwähnt, während er bei der Beschreibung der Fig. 2 mitteilt, daß die Furchen „in regelmäßigen Abständen von sich etwas dunkler färbenden Querlinien in eine Reihe von Quadraten geteilt" werden, „in deren Mitte ein feines Pünktchen sichtbar ist". Diese Pünktchen, über deren Natur Hoyer nichts aussagt, sind nun gerade die gesuchten Basalkörperchen. Was dagegen Hoyer als Basalkörperchen angesehen hat, sind ektoplasmatische Gebilde, die meiner Meinung nach eher mit den von mir bei Glaucoma (cfr. p. 91; Fig. 5, J) erwähnten, kugelförmigen Inhaltskörpern des Corticalplasmas zu vergleichen sind, denen sie bezüglich der Färbung und der Lage in den Rippenstreifen vollkommen entsprechen. Auf diese Gebilde führe ich auch die für Colpidium behauptete Alveolarschicht Bütschli's und Schewiakoff's (1889, p. 43) zurück. Denn schon ein Blick auf Schewiakoff's Figuren 65 und 66 zeigt, daß es sich bei dieser vermeintlichen Alveolarschicht nicht um einen Wabenbau handelt, sondern einfach um stäbchenförmige Gebilde, die senkrecht zur Oberfläche im Corticalplasma liegen. Hiervon kann man sich auch beim frischen Tiere unschwer überzeugen. Darin, daß ich das Vorhandensein einer Alveolarschicht bei Colpidium in Abrede stelle, stimme ich auch mit Hoyer (1899, p. 102) überein.

Auf die Widerlegung des angeblichen Nachweises von Basalkörperchen durch Pütter (1900, p. 251) bei Paramaecium durch Vitalfärbung mit Neutralrot und Rubin-S brauche ich hier nicht mehr einzugehen, da ich auf Pütter's Versehen schon im speziellen Teile gelegentlich der Beschreibung von Paramaecium (cfr. p. 92) hingewiesen habe. Ebenso habe ich dort erwähnt, daß sich durch das Pütter'sche Schema von Paramaecium derselbe Irrtum auch in die neueste Auflage von Verworn's „Allgemeine Physiologie" (1901, Fig. 26, 56) eingeschlichen hat.

Obwohl der einwandsfreie Nachweis von Basalkörperchen an den Cilien der Infusorien früheren Untersuchern, wie wir eben gesehen haben, noch nicht geglückt war, so sind solche Körperchen dennoch überall an der Wimperbasis vorhanden. Dies zeigen meine Ergebnisse in überzeugender Weise. Es gelang mir bei sämtlichen Infusorien, die ich auf diese Verhältnisse hin prüfte, zu konstatieren, daß an der Wurzel der Cilien dieselben Körperchen ausgebildet sind,

die an der Basis der Wimpern bei den Flimmerzellen der Metazoen schon lange bekannt sind. Diese Basalkörperchen färben sich auch bei den Ciliaten mit Eisenhämatoxylin intensiv schwarz und halten den Farbstoff beim Differenzieren mit Eisenalaun lange fest. Im Leben sind sie infolge ihrer geringen Größe nur schwer als stark lichtbrechende Körnchen an der Wimperbasis wahrzunehmen; am schönsten sah ich sie so auf dem Stirnfelde eines Stentor coeruleus EHRBG. Die Größe der Basalkörperchen ist bei den einzelnen Formen sehr verschieden; am größten fand ich sie bei Nyctotherus (cf. Fig. 8a), während sie bei anderen Infusorien (Chilodon, Fig. 3a; Paramaecium, Fig. 6a—c; etc.) meist bedeutend kleiner sind. Ebenso herrscht auch bezüglich der Gestalt der Basalkörperchen eine große Variabilität, indem wir kugelige (Chilodon, Coleps, Paramaecium, Nyctotherus, Bursaria), eiförmige (Opalina, Glaucoma, Stentor, Spirostomum) und birnförmige (Prorodon, Ophryoglena) Formen unter ihnen antrafen. In ihrer Form stimmen sie im großen Ganzen mit den von ENGELMANN (1880) untersuchten Fußstücken überein, während ich so komplizierte Formen, wie sie FRENZEL (1886, p. 59—63) an Wimperzellen von Würmern, Echinodermen und Mollusken beschrieb, nie bei den Ciliaten beobachtete. Die Basalkörperchen liegen im Corticalplasma, wo ein solches gut ausgebildet ist (Opalina, Prorodon, Paramaecium, Ophryoglena). Tritt das Ektoplasma nur in Form einer dünnen Pellicula auf (Coleps, Chilodon, Stylonychia), so finden wir sie direkt unter dieser. Bei Infusorien, welche nur eine einheitliche, dicke Ektoplasmalage, die allen drei Ektoplasmaschichten anderer Ciliaten entspricht, aufweisen (Nyctotherus, Bursaria, Stentor), haben sie ihre Lage in diesem Ektoplasma. Auf die Funktion und Herkunft der Basalkörperchen werde ich erst in dem Abschnitte über die „Basalkörperchenfrage“ weiter unten näher eingehen.

Tastborste.

Als Tastborsten bezeichnet man bei den Ciliaten cilienartige Gebilde, die als starre Borsten dem Körper eingepflanzt und keiner Bewegung fähig sind. Da man Tiere, welche solche Borsten besitzen, durch Berührung derselben plötzlich in lebhafteste Bewegung versetzen kann, so nimmt man an, daß diese Gebilde gewissermaßen wie Tasthaare zur Perception von Reizen fähig sind. Derartige Tastborsten finden wir z. B. auf dem Rücken vieler Hypotrichen, wo sie als Rückenborsten bezeichnet werden. Von Stylonychia

histrio O. F. M. habe ich sie oben (cfr. p. 113) geschildert und auf Fig. 12c (Rb) abgebildet. Wir sahen, daß die Rückenborsten bezüglich des Baues vollständig mit den gewöhnlichen Cilien übereinstimmen, indem auch sie die Pellicula durchsetzen und in einem an ihrer Basis gelegenen Basalkörperchen endigen. Dieselbe Beobachtung machte ich auch an dem sog. hinteren Wimperbüschel vor Paramaecium caudatum Ehrbg. (cfr. p. 92), der ja ebenfalls als aus Tastborsten gebildet aufgefaßt wird. Auch bei dem seitlich abgeplatteten Loxodes rostrum O. F. M. konnte ich an der Basis der den ganzen Rand bedeckenden Tastborsten Basalkörperchen nachweisen. Diese morphologische Übereinstimmung der Tastborsten mit den Cilien läßt vermuten, daß wir in ihnen umgewandelte Cilien erblicken müssen, die ihre aktive Bewegung vollständig eingebüßt haben und nun als starre Borsten in den Dienst der Tastfunktion eingetreten sind.

Diese Ansicht sprach auch schon Maupas (1883, p. 542) für die von Sterki (1878, p. 49) als starre „dorsale Wimpern" beschriebenen Rückenborsten der Hypotrichen aus. Ihm schlossen sich auch für die Tastborsten anderer Infusorien Bütschli (1889, p. 1351) und Schewiakoff (1889, p. 62) an.

Ebenso sind auch nach den Angaben Johnson's (1893, p. 487) alle Tastborsten als modificierte Cilien aufzufassen. Er fand bei Stentor coeruleus Ehrbg., daß hier die als Tastborsten bekannten Gebilde gewissermaßen ein Übergangsstadium von Cilien zu echten Tastborsten vorstellen, indem sie häufig cilienartig bewegt werden, um dann plötzlich wieder als starre Tastborsten zu erscheinen. Wallengren (1901, p. 32) hat vor kurzem die Entstehung der Rückenborsten bei den Hypotrichen genau untersucht und gefunden, daß dieselben als „kleine, cilienähnliche, sich lebhaft bewegende Wimpergebilde" hervortreten. „Erst während ihrer späteren Entwicklung, wenn sie ihre definitive Länge beinahe erreicht haben und aus einander rücken, werden sie steif und starr". Nach diesem Forscher (1901, p. 54) ist also „ein genetischer Unterschied zwischen den Cilien und den Borsten nicht vorhanden". Hierdurch, sowie durch die Beobachtungen Johnson's an Stentor coeruleus Ehrbg. und durch den oben erbrachten Nachweis des übereinstimmenden feineren Baues ist die schon längst vermutete Homologie der Tastborsten mit den Cilien vollständig erwiesen.

Undulierende Membran

Unter undulierenden Membranen versteht man mehr oder weniger flächenhaft ausgedehnte Wimperapparate von meist rechteckiger

Form. Sie sind als bewegliche Hautsäume mit einer ihrer Längenseiten auf dem Ektoplasma des Tieres eingepflanzt, während die andere Längenseite als freier Rand nach außen ragt.

Immer stehen sie mit der Nahrungsaufnahme in Beziehung und werden dementsprechend meist in der Nachbarschaft des Cytostoms oder im Cytopharynx angetroffen.

Was ihren feineren Bau betrifft, so studieren wir ihn am besten an der präoralen Membran von Stylonychia (Fig. 12a, Mbp). Wir sahen hier (cfr. p. 112) eine feine Längsstreifung und teilweise, besonders am freien Rande, auch eine Zerfaserung in größere oder kleinere Partien. Die Zerfaserung geht manchmal so weit, daß es den Anschein hat, als ob die Membran aus lauter einzelnen Fibrillen zusammengesetzt sei, eine Erscheinung, die übrigens auch häufig schon am lebenden Tiere zu beobachten ist. Dies erweckt unwillkürlich die Vermutung, daß wir es hier mit einem Gebilde zu thun haben, das seine Entstehung der Verschmelzung oder vielleicht besser Verklebung einzelner Cilien verdankt, wobei jede Fibrille einer Cilie entsprechen würde. Diese Vermutung gewinnt noch mehr an Wahrscheinlichkeit dadurch, daß, wie wir oben (cfr. p. 112) sahen, unter jeder Fibrille ein mit Eisenhämatoxylin schwarz gefärbtes Körnchen nachgewiesen werden konnte. Diese Gebilde, die wir ohne Zweifel als die den einzelnen Cilien zugehörigen Basalkörperchen ansprechen dürfen, liegen an der Basis der Membran in einfacher Reihe und bilden so den Basalsaum (Fig. 12a, Bs'). Denselben Bau, wie die präorale Membran, weisen bei Stylonychia auch die innere und die endorale Membran auf. Wir dürfen annehmen, daß diese undulierenden Membranen durch Verklebung je einer einfachen Cilienreihe hervorgegangen seien. Für diese Auffassung spricht auch folgender Befund. Im Peristom von Stylonychia verlaufen bekanntlich parallel mit den undulierenden Membranen noch zwei Cilienreihen, eine präorale und eine endorale. Die einzelnen Cilien mit ihren Basalkörperchen gleichen nun in ihrem Aussehen genau den einzelnen Fibrillen der undulierenden Membranen, mit dem einzigen Unterschiede, daß sie weiter von einander entfernt sind. Wir können uns demnach die Bildung der undulierenden Membranen bei Stylonychia leicht so vorstellen, daß an ihrer Stelle ursprünglich eine Cilienreihe vorhanden gewesen sei und daß sich die Cilien im Verlaufe der Phylogenese einander immer mehr genähert haben. Als sie endlich bis zur gegenseitigen Berührung zusammengetreten waren, bedurfte es nur noch einer Verklebung der benachbarten Cilien durch

eine plasmatische Substanz, und die undulierende Membran war in ihrer Bildung vollendet.

Von dieser einfachsten Form einer undulierenden Membran ausgehend können wir nun die undulierenden Membranen anderer Ciliaten leicht verstehen. Wir konnten überall die Zusammensetzung aus einzelnen Fibrillen wahrnehmen. Auch gelang es stets, einen zugehörigen Basalsaum nachzuweisen. Dieser bestand jedoch im Gegensatz zu der präoralen Membran von Stylonychia meist aus mehreren Reihen von Basalkörperchen. So fanden wir im Vestibulum von Carchesium und Vorticella zwei parallel verlaufende undulierende Membranen (cfr. p. 114; Fig. 13a—c, Mb), deren Basalsaum (Bs) aus je drei Reihen von Basalkörperchen gebildet wird, was auf die Entstehung dieser Membranen durch Concrescenz dreier Cilienreihen hinweist. Ferner sahen wir bei Glaucoma scintillans Ehrbg. (cfr. p. 90, Fig. 5) auf dem Querschnitt durch den Basalsaum (Bs) der peroralen Membran (Mbp), daß hier etwa fünf Basalkörperchen neben einander liegen, so daß der Basalsaum aus ebenso vielen Reihen von Basalkörperchen zusammengesetzt ist. Wir müssen also annehmen, daß die perorale Membran bei Glaucoma aus der Verklebung von etwa fünf Cilienreihen hervorgegangen sei. In die Bildung der endoralen Membran (Mbe) von Glaucoma müssen mindestens zehn Cilienreihen eingegangen sein, da der Querschnitt durch den Basalsaum (Bs') aus mindestens zehn Basalkörperchen besteht. Ähnliche Verhältnisse zeigten sich auch bei der undulierenden Membran im Cytopharynx von Paramaecium (cfr. p. 93).

Aus alledem ersehen wir, daß sich bei den einzelnen Ciliaten an der Bildung der undulierenden Membranen eine verschiedene Anzahl von Cilienreihen beteiligt hat.

An der Basis der undulierenden Membranen findet sich nun meist noch eine homogene, ektoplasmatische Verdickung, die Basallamelle. Sie ist bei den undulierenden Membranen von Glaucoma (Fig. 5, Bl und Bl') gut ausgebildet, während bei der präoralen Membran von Stylonychia nichts von ihr wahrgenommen werden konnte. Die beiden undulierenden Membranen von Carchesium liegen in einer gemeinsamen Basallamelle (Fig. 13a—b, Bl). Die Basallamelle, auf deren äußerem Teile die Basalkörperchen des Basalsaumes liegen, dient wohl der undulierenden Membran zur stärkeren Befestigung am Körper des Tieres.

Wir wollen nun noch kurz betrachten, was bisher von der feineren Struktur der undulierenden Membranen bekannt war. Maupas (1883, p. 626) fand an den undulierenden Membranen, daß sie im Leben

„apparaissent parfaitement homogènes et continues dans toute leur étendue", während sie nach dem Abtöten gestreift und zerfasert aussehen. Diese letztere Erscheinung führt er (1883, p. 627) darauf zurück, daß die Membranen aus Cilien „par leur juxtapostion et coalescence" hervorgegangen seien.

BÜTSCHLI (1889, p. 1342) bestätigt das Vorhandensein einer Streifung und Zerfaserung beim getöteten Tiere und bemerkt, daß dieselbe auch im Leben wahrnehmbar sei, was ich ebenfalls häufig konstatieren konnte. Auch die Entstehung der undulierenden Membranen aus Cilien nimmt BÜTSCHLI (1889, p. 1344) als wahrscheinlich an, ist jedoch der Ansicht, „daß die Membran nicht durch Concrescenz einer einfachen Cilienreihe entstanden sein könne", sondern „daß wenigstens gewisse Membranen auf Concrescenz von langgestreckten, membranellen- oder cirrenartigen Gebilden zurückzuführen" seien. Dies schloß er daraus, daß der optische Querschnitt nicht einer einfachen Cilie entspreche, sondern eher das Aussehen einer langgestreckten Membranelle oder Cirre habe; daran könne man um so mehr denken, als „die linke Membran der Pleuronemiden ihrer Lage nach sehr wahrscheinlich die adorale Zone der Heterotrichen" ersetze, so daß wir jene direkt aus den Membranellen dieser uns hervorgegangen vorstellen können. Dem möchte ich hinzufügen, daß die nach meiner Auffassung aus zwei undulierenden Membranen bestehende adorale Zone bei Carchesium (cfr. p. 114—116) vielleicht auch auf eine Verschmelzung je einer Membranellenreihe zurückzuführen ist.

Auch SCHEWIAKOFF (1889, p. 39) giebt von der undulierenden Membran bei Frontonia an, daß sie wohl „durch Verklebung oder Verschmelzung mehrerer, dicht neben einander stehender Cilienreihen entstanden" sei, was er auch für die große Membran bei Lembadion (1889, p. 56) annimmt.

HOYER (1899, p. 104) endlich fand, daß bei Colpidium colpoda St. jede undulierende Membran „aus zwei Reihen von Cilien gebildet" erscheine, und will auch an ihrer Basis zwei Reihen von Basalkörperchen gesehen haben.

Membranelle.

Die Membranellen gleichen in ihrem Bau in gewisser Hinsicht den undulierenden Membranen, insofern nämlich als sie ebenfalls flächenhaft ausgebildete Wimperapparate vorstellen. Sie sind jedoch bestimmt dadurch charakterisiert, daß sie die adorale Zone der Heterotrichen und Hypotrichen zusammensetzen.

Bezüglich der äußeren Form ist eine große Verschiedenheit wahrzunehmen. Bei Nyctotherus (Fig. 8b, c, Ml) sehen wir rechteckige Membranellen, die an dem freien, an der Bauchkante gelegenen Teile der adoralen Zone etwas höher als breit sind, während in der Schlundröhre dieses Verhältnis gerade umgekehrt ist. Vollständig den Eindruck von undulierenden Membranen erwecken die breiten, rechteckigen Membranellen bei Bursaria (Fig. 9c). In der adoralen Zone von Spirostomum (Fig. 11b) trafen wir fächerförmige Membranellen, bei denen der freie Rand breiter ist, als die Basis. Bei Stentor (Fig. 10b) treten die Membranellen in Gestalt dreieckiger Plättchen von etwa säbelförmigem Umriß auf. Ähnliche dreieckige Formen sind auch in der adoralen Zone der Hypotrichen weit verbreitet, wobei sie im Umriß oft sehr variieren; so fanden wir z. B. bei Stylonychia histrio O. F. M. (Fig. 12b) haifischzahnförmige Membranellen.

Die Membranellen sind häufig in Furchen dem Körper eingepflanzt, wie aus Querschnitten (Fig. 10c, 12a) leicht ersichtlich ist.

Wie bei den undulierenden Membranen ist auch bei den Membranellen eine feine Streifung und Zerfaserung in einzelne Fibrillen allgemein verbreitet. Diese Erscheinung wurde schon von dem Entdecker der Membranellen Sterki (1878, p. 45) beobachtet und von allen späteren Forschern bestätigt.

An der Basis der Membranellen finden wir stets einen Basalsaum. Interessant ist es nun, daß dieser sich allgemein als aus zwei Reihen von Basalkörperchen zusammengesetzt zeigt, wie Querschnitte durch denselben (Fig. 8e, 9d, 10c, 12a) ergaben. Dabei läßt sich auch unschwer erkennen, daß jeder der beiden Basalkörperreihen auch eine Reihe von Fibrillen entspricht. Wir dürfen aus diesen Befunden durch Analogie mit den undulierenden Membranen schließen, daß die Membranellen der adoralen Zone stets durch Verklebung zweier Reihen von Cilien entstanden seien. Diese Vermutung sprach schon Schuberg (1886, p. 358) bei Bursaria aus, wo es ihm gelungen war, durch Behandlung mit zehnprozentiger Sodalösung die Membranellen „stellenweise in zwei Lamellen“ zu spalten. Die gleiche Beobachtung machten dann Bütschli (1889, p. 1335) und Schewiakoff an Stentor coeruleus Ehrbg. Dabei vermutete Bütschli, daß „je zwei der gegenüberstehenden Fibrillen beider Flächen fester mit einander vereinigt“ seien. Diese Annahme scheint mir aber nicht zutreffend, da auf Querschnitten (Fig. 8e, 9d, 10c) und Oberflächenbildern (Fig. 8d, 10a, 11a, 12a) leicht zu sehen ist, daß die beiden Fibrillenreihen viel weiter von

einander entfernt sind, als die einzelnen Fibrillen der gleichen Reihe unter einander. SCHUBERG (1891, p. 213) bestätigte die „bilamellöse Struktur" der Membranellen bei Stentor coeruleus EHRBG. und traf „sie auch bei Climacostomum virens und einigen Hypotrichen" an. Derselbe Forscher wies auch bei Stentor coeruleus EHRBG. einen Basalsaum nach, konnte aber trotz eifrigen Bestrebens (1891, p. 215) keine Zusammensetzung aus einzelnen Basalkörperchen beobachten. Das Vorhandensein eines stark lichtbrechenden Basalsaumes bestätigte bei demselben Infusor auch JOHNSON (1893, p. 490); doch fand er keine Zusammensetzung aus einzelnen Stücken. Dies war ebensowenig ENGELMANN (1880, p. 506) an dem von ihm erwähnten Basalsaum der Membranellen bei Oxytrichinen und Euplotinen gelungen. Daß aber bei allen diesen Formen der Basalsaum aus einzelnen, je einer Fibrille entsprechenden Basalkörperchen zusammengesetzt wird, habe ich schon hervorgehoben.

Die Membranellen sitzen mit ihrem Basalsaum dem Infusorienkörper meist vermittelst einer ektoplasmatischen Verdickung auf. Dadurch wird diesen stark bewegten Wimperapparaten ein größerer Halt verliehen. Den einfachsten Fall finden wir bei Nyctotherus (Fig. 8, b, c, e; Bw) realisiert. Hier ist längs der ganzen adoralen Zone das homogene Ektoplasma (Ec) einfach stark verdickt und springt gegen das Endoplasma (En) wulstförmig vor, weshalb wir für diese Ektoplasmaverdickung die Bezeichnung „Basalwulst" gewählt haben. Daß dieser Basalwulst als Befestigungsapparat für die Membranellen der adoralen Zone aufzufassen ist, unterliegt wohl keinem Zweifel.

Bei anderen Heterotrichen ist dieser Befestigungsapparat nun wesentlich komplizierter gebaut, indem er Verbindungen mit anderen Einrichtungen eingeht.

Bei Bursaria sahen wir (cfr. p. 101—102, Fig. 9, c-d, Bl) unter jeder Membranelle eine homogene Ektoplasmalamelle je in einer Alveolarwandreihe bis an das Endoplasma sich erstrecken. Dieses von mir als Basallamelle bezeichnete Ektoplasmagebilde wurde von SCHUBERG (1886, p. 359) und BÜTSCHLI (1889, p. 1336), wie wir schon oben sahen, fälschlicherweise als eine einfache Verdickung der Alveolarwände selbst angesehen und als Basalsaum bezeichnet, während es in Wirklichkeit unter dem aus Basalkörperchen zusammengesetzten Basalsaume (Bs) liegt. Die Basallamellen setzen sich, wie zuerst BRAUER (1886, p. 497) feststellte, als „Querstreifen" (Qs) gegen den linken Peristomrand fort, um sich dort nach SCHUBERG's (1886, p. 360) Angabe mit dem von ihm entdeckten

„Peristombande“ zu vereinigen. „Dieses Peristomband nun ist ein bandförmiges Gebilde, das, am Peristomwinkel seine größte Breite erreichend, nach vorn sich beiderseits zuspitzend um den Peristomauschnitt herumzieht.“ Mit dem linken Aste dieses gabelförmigen Peristombandes verschmelzen die sämtlichen Querstreifen des Peristoms. Welche funktionelle Bedeutung haben wir nun dieser komplizierten, aus Basallamellen, Querstreifen und Peristomband bestehenden Einrichtung beizulegen? Brauer (1886, p. 498), der von dem Vorhandensein des Peristombandes noch nichts wußte und nur die Basallamellen und Querstreifen des Peristomes kannte, „möchte in ihnen Muskelfasern sehen.“ Zu dieser Ansicht kam er einerseits durch die Thatsache, daß die Peristomstreifen durch Zerquetschen der Bursaria sich vollständig isolieren lassen, sowie durch ihre „Übereinstimmung im Bau, Aussehen und der Anordnung mit den Muskelelementen andererseits, welche wir bei Stentoren, Spirostomeen und den Vorticellinen kennen.“ Brauer (1886, p. 510) giebt zwar zu, „daß keine Kontraktion an ihnen gesehen ist,“ glaubt aber, sie dennoch für Muskelelemente halten zu müssen, „da wir bis jetzt keine andere Deutung für derartige Fasern wissen.“ Schuberg (1886, p. 337) wendet sich mit Recht gegen diese Auffassung der Basallamellen und Querstreifen, spricht sich aber über ihre Funktion selbst nicht aus. Sein „Peristomband“, dem noch ein ähnliches Gebilde am oberen Rande der Peristomhöhle als „Querband“ entspricht, stellt er (1886, p. 363) sich als „eine Art elastischer oder kontraktiler Stütze des Peristomrandes“ vor, durch welche möglicherweise „die Bewegung der Peristomplatte vermittelt werden“ könnte. Nach der Annahme Bütschli's (1889, p. 1306), die im wesentlichen später auch Schuberg (1891, p. 216) teilte, ist „im Peristomband vor allem ein kontraktiles Organ zu suchen, welches den gesamten Peristomeingang sphincterartig zu verengern und zu verschließen vermag.“ Ich kann mich aber Bütschli's Auffassung von der funktionellen Bedeutung des Peristombandes bei Bursaria nicht anschließen; denn es scheinen mir verschiedene Thatsachen gegen die Bezeichnung des Peristombandes als eines kontraktilen Organes zu sprechen. Was zunächst den feineren Bau des Peristombandes betrifft, so zeigen Quer- und Längsschnitte durch dasselbe ein durchaus homogenes Aussehen; nur ab und zu liegen in der homogenen Masse kleinere Vakuolen zerstreut, wie auch Schuberg (1886, p. 351) zutreffend schilderte. Bei Färbung mit Eisenhämatoxylin und Bordeaux-Rot nimmt es einen schwach bräunlichen Ton an. Dabei werden, ähnlich wie ich es am Basalwulst von Nyctotherus (cfr. p. 100)

beschrieb, an der Peripherie des Peristombandes einzelne feine Fäserchen schwarz gefärbt. Bezüglich der Färbung gleicht das Peristomband in seiner Hauptmasse, gegen welche die schwarzen Fäserchen fast verschwinden, vollständig den Querstreifen und Basallamellen, sowie überhaupt allem homogenen Ektoplasma (z. B. Nyctotherus, Fig. 8a—b). Im Gegensatz hierzu färben sich aber alle spezifisch kontraktilen Organe mit der erwähnten Färbmethode intensiv schwarz. Ich erinnere hier an die Myoneme von Prorodon (Fig. 2c, Mr), Stentor (Fig. 10a—b), Spirostomum (Fig. 11a—b), Carchesium (Fig. 13a—b, M) und besonders auch an den Stielmuskel (Fig. 13a, Ms) des letztgenannten Infusors. Dies scheint mir mit Bestimmtheit darauf hinzuweisen, daß wir im Peristomband nicht ein „Muskelelement" erblicken dürfen. Auch BÜTSCHLI's Ansicht, daß die Kontraktilität des Peristombandes vielleicht in den an seiner Peripherie vorhandenen Fäserchen liege, scheint mir sehr zweifelhaft. Diese Fäserchen entsprechen den oberflächlichen Fasern am Basalwulst von Nyctotherus, wo sie doch wohl kaum eine Kontraktion des Basalwulstes bewirken können. Auch ist von keinem Beobachter bei der so häufig und eingehend untersuchten Bursaria jemals eine Kontraktion des Peristombandes gesehen worden, die doch bei der angenommenen Funktion und bei der Größe des in Rede stehenden Gebildes verhältnismässig leicht festgestellt werden müßte. Außerdem sehe ich die physiologische Notwendigkeit, in dem Peristomband ein Kontraktionselement erblicken zu müssen, nicht ein. Es steht allerdings fest, daß die sogenannte Peristomplatte, d. h. der frei über die Ventralfläche der Peristomeinsenkung hervorragende rechte Peristomrand, bewegt wird. Man kann sich aber meiner Meinung nach diese Bewegung auch erklären, ohne dem Peristombande Kontraktilität zuzuschreiben. Wir haben bei den Infusorien ja zahlreiche Beispiele, wo vorragende Körperpartien auch ohne Mitwirkung spezifischer Kontraktionselemente sehr beweglich sind. Hierher gehören die schnabel- oder rüsselartigen Fortsätze vieler Holotrichen, z. B. Trachelius, Loxodes, Chilodon, wo auch die abgeflachten Seitenpartien des Körpers sehr beweglich sind, wie wir das in noch höherem Grade bei Loxophyllum kennen. Ich habe die genannten Infusorien alle lebend und auf mit Eisenhämatoxylin gefärbten Schnitten untersucht und ebensowenig, als alle früheren Untersucher, etwas von Myonemen beobachten können; hier scheint also die Beweglichkeit nicht auf spezifische Kontraktionsgebilde zurückgeführt werden zu können. Mit den besprochenen beweglichen Körperfortsätzen möchte ich nun auch die sehr abgeflachte Peristomplatte bei

Bursaria vergleichen. Dafür spricht auch die Art der Bewegung, die in den erwähnten Fällen, wie auch bei der Peristomplatte, eine langsame, gewissermaßen pendelnde ist, die sich in einem gleichmäßigen Hinundher-, resp. Aufundabschwingen äußert. Bei Tieren mit ausgebildeten Kontraktionselementen (Myonemen) erfolgt sie dagegen bekanntlich immer so, daß sich der betreffende Teil bei der Kontraktion plötzlich ruckweise zusammenzieht, um bei der Erschlaffung wieder zur Ausgangsstellung ganz allmählich zurückzukehren. Die angeführten Punkte sprechen wohl überzeugend dafür, daß wir das Peristomband nicht als kontraktiles Element auffassen dürfen. Ich glaube vielmehr, daß wir, wie schon von Schuberg (1886, p. 363) angedeutet wurde, in dem Peristomband eine elastische Stütze des Peristomrandes erblicken müssen. Der Vorteil, den eine solche Einrichtung gewährt, ist leicht einzusehen, wenn man sich vor Augen führt, daß ein solch dünnes, flächenhaft ausgedehntes Gebilde, wie es vor allem die Peristomplatte ist, nicht wohl ohne eine besondere Stütze straff gehalten werden könnte. Nehmen wir nun diese Auffassung der Funktion des Peristombandes als zutreffend an, so wird uns die Verbindung der Basallamellen durch die Querstreifen mit dem Peristombande leicht verständlich. Durch die Verbindung der Basallamellen, die wir als Stütze der Membranellen auffassen müssen, vermittelst der Querstreifen mit dem ebenfalls als Stützelement dienenden Peristomband wird die Befestigung der Membranellen natürlich eine bedeutend stärkere. Die Entstehung einer so komplizierten Befestigungseinrichtung ist vielleicht so vor sich gegangen, daß das Peristomband unabhängig von der adoralen Zone zur Stütze des Peristomrandes gebildet worden war und erst sekundär durch die Querstreifen mit den unter den Membranellen zu deren Stütze ausgebildeten Basallamellen in Verbindung getreten ist, um dadurch der adoralen Zone einen größeren Halt am Körper zu verleihen.

Nun haben wir die Beziehung der Membranellen zum Plasmaleib bei Stentor und Spirostomum zu betrachten. Da bei beiden Gattungen im wesentlichen übereinstimmende Verhältnisse vorliegen, so will ich im folgenden nur die Einrichtungen bei Stentor beschreiben. Wie Schuberg (1891, p. 209) und später Johnson (1893, p. 490) bei Stentor coeruleus Ehrbg. und ich (cfr. p. 107—108) bei Stentor niger Ehrbg. geschildert haben, senkt sich unter jedem Basalsaum (Fig. 10b, Bs) einer Membranelle (Ml) ein dreieckiges Plättchen (Bl) in das Endoplasma. Dieses von Schuberg als „Basallamelle“ bezeichnete Plättchen hat den Basalsaum zur Basis und

läuft an seiner im Endoplasma liegenden Spitze in ein feines Fädchen, das sog. „Endfädchen" (Ef) aus. Alle Endfädchen der adoralen Zone vereinigen sich mit einer unter dieser in ihrem ganzen Verlaufe hinziehenden „Basalfibrille" (Bf). Während sich die Basallamellen mit Eisenhämatoxylin-Bordeauxrot nur schwach bräunlich färben, nehmen die Endfädchen und die Basalfibrille eine tiefschwarze Färbung an. Welche Funktion hat nun die aus den Basallamellen, den Endfädchen und der Basalfibrille bestehende Einrichtung unter der adoralen Zone? BRAUER (1886, p. 502—503), der als erster die Basalfibrille und ihre Verbindung mit dem Basalsaum beschrieb, bezeichnete sowohl die Basalsäume, als auch die von ihm in Mehrzahl (3—6) geschilderten Basalfibrillen als „Peristommuskeln" deren Kontraktion „wir die Einziehung des Peristoms zuzuschreiben haben". Beweisend war dabei für ihn die Übereinstimmung im optischen Verhalten mit den Körpermyonemen.

Mit Recht weist SCHUBERG (1891, p. 208) darauf hin, daß man bei den Basalsäumen an Muskelfibrillen nicht denken dürfe, und bezeichnet dieselben (1891, p. 218) „als besonders feste Teile der Pellicula", an denen „die Membranellen eine wirkliche Stütze finden". Ebenso spricht er sich „gegen eine Deutung der Basallamellen und der Spiralfibrille als kontraktiler Elemente" aus. Auch glaubt er, daß die letzteren nicht unmittelbar zur Befestigung dienen könnten, da ihm nicht ersichtlich sei, wie eine solche Befestigung in dem weichen Endoplasma möglich wäre; denn (1891, p. 217) „eine Befestigung kann nur an etwas Festem stattfinden." SCHUBERG (1891, p. 220) ist eher geneigt, „die basalen Apparate der Membranellen als nervös aufzufassen, weil der Isochronismus[1]) der letzteren derartige Einrichtungen vorauszusetzen scheint", bemerkt aber ausdrücklich, daß ihm „hierzu die nötigen Beweise mangeln". Dieser Auffassung der Basalfibrille als eines nervösen Organelles schließt sich auch JOHNSON (1893, p. 491) vollständig an, indem nach seiner Meinung die Basalfibrille „is admirably adapted to coordinate the action of the membranellae".

Was nun meine Ansicht von der Funktion des basalen Apparates der Membranellen von Stentor betrifft, so bin ich zu folgendem Resultat gekommen. Ich halte mit SCHUBERG (1891, p. 208) den aus Basalkörperchen zusammengesetzten Basalsaum, worauf ich in

[1]) Soll wohl „Metachronismus" heißen, da das Schlagen der Membranellen der adoralen Zone bekanntlich kein isochrones, d. h. gleichzeitiges ist, sondern vielmehr ein „metachrones", d. h. auf einander folgendes, indem jede Membranelle gegen die benachbarte eine kleine Differenz in der Schwingungsphase aufweist.

dem Abschnitte über die Basalkörperchenfrage näher eingehen werde, für einen Befestigungsapparat der Membranelle. Dieselbe Bedeutung möchte ich aber auch der Basallamelle beilegen. Dafür spricht nämlich ihr vollständig homogener Bau und ihre bräunliche Färbung mit Eisenhämatoxylin-Bordeauxrot. In diesen beiden Punkten ist sie mit dem homogenen Ektoplasma, sowie mit dem Basalwulst von Nyctotherus und der Basallamelle nebst Querstreifen und Peristombband von Bursaria zu vergleichen. Wenn Schuberg (1891, p. 217) diese Auffassung von der Hand weist, weil nach ihm „eine Befestigung nur an etwas Festem stattfinden" könne, so halte ich diesen Einwand doch nicht für stichhaltig. Ich sehe nicht ein, warum eine Befestigung nicht auch an, resp. in einer weichen Substanz stattfinden kann. Der Basalsaum bei Stentor ist durch die ins Endoplasma hineinragende Basallamelle gewiß viel mehr gegen Zerrungen oder Biegungen gesichert. Dies zeigt auch eine einfache Überlegung. Denken wir uns ein kleines Segelboot, dessen Kiel in eine dreieckige mit der Spitze nach unten gerichtete Platte ausgezogen ist. Es entspricht dann das Segel der freien Membranelle, das Boot selbst dem Basalsaum und der ausgezogene Kiel der Basallamelle. Nun ist doch leicht einzusehen, daß ein so ausgestattetes Segelboot weit schwieriger durch seitlichen Druck verschoben oder ins Schwanken gebracht werden kann, als eines ohne den ausgezogenen Kiel; dabei muß natürlich die Wirkung der Schwerkraft ganz unberücksichtigt bleiben, da diese beim Infusorienkörper nicht vorhanden ist. Dieser, wenn auch grobe Vergleich zeigt doch klar, wie wir uns die Bedeutung der Basallamelle vorstellen können und daß auch eine Befestigung in etwas Weichem möglich ist.

Die Endfädchen und vor allem die Basalfibrille möchte ich nun in Übereinstimmung mit Brauer (1886, p. 502) für kontraktile Elemente ansprechen. Sie stimmen nämlich mit den Myonemen nicht nur durch ihre tiefschwarze Färbung vollständig überein, sondern man kann an ihnen, besonders schön an der Basalfibrille (Fig. 10c, Bf) beim kontrahierten Tiere stets eine Schlängelung beobachten. Nach Schuberg (1891, p. 218) entsteht diese Schlängelung der Basalfibrille dadurch, daß die letztere bei der Kontraktion des Stirnfeldes durch den Druck des Endoplasmas passiv zwischen je zwei Ansatzpunkten der Endfädchen bogenförmig nach außen gedrückt wird, so „daß sie nur nach der Oberfläche des Körpers zu runde Biegungen besitzt, nach innen zu aber in spitzwinkeligen Ecken geknickt erscheint". Im Gegensatz zu dieser Angabe Schuberg's fand ich (Fig. 10c, Bf) die Basalfibrille bei dem kontrahierten Tiere nicht

so regelmäßig nur nach außen konvex gebogen, sondern die Schlängelung war ganz ebenso unregelmäßig, wie die der Körpermyoneme. Ich glaube daher, die Basalfibrille für ein kontraktiles Gebilde halten zu müssen, welches die Aufgabe hat, bei der Kontraktion des Körpers die intracellulären Fortsätze der Membranellen, d. h. die Basallamellen, einander zu nähern. In Ermangelung einer solchen Kontraktionsvorrichtung würden nämlich die Basallamellen der Kontraktion des Stirnfeldes wohl einen erheblichen Widerstand entgegenhalten, denn diese wird bekanntlich nur durch die ganz oberflächlich im Ektoplasma liegenden Myoneme des Stirnfeldes bewirkt. Es werden dadurch die im Ektoplasma liegenden Teile des basalen Apparates, d. h. die Basalsäume mit der Basis der Basallamellen einander näher gebracht; dabei würden wohl die im Endoplasma liegenden freien Enden der Basallamellen aus einander gespreizt, wenn sie nicht mit einander verbunden wären. Dank ihrer Befestigung mittels der Endfädchen an der Basalfibrille werden diese unteren Spitzen der Basallamellen durch die Kontraktion der Basalfibrillen einander ebenfalls genähert. Die Endfädchen haben dann vielleicht die Aufgabe, durch ihre Verkürzung bei der Kontraktion die Basallamellen und dadurch auch die Membranellen nach unten zu ziehen; es wäre jedoch möglich, daß sie nur den Zweck haben, die Basallamellen an der Basalfibrille zu befestigen. Jedenfalls scheint mir die eben gegebene Deutung weit plausibler als die Ansicht SCHUBERG's (1891, p. 220), daß wir „die basalen Apparate der Membranellen als nervös aufzufassen" haben. Denn so gern ich einerseits zugebe, daß das Aussehen der Basalfibrille und der Endfädchen dem nervöser Fibrillen nicht unähnlich ist, so kann ich mir auf der anderen Seite nicht vorstellen, wie man die homogene plättchenförmige Basallamelle als nervösen Apparat auffassen könnte. Außerdem ist nicht einzusehen, warum zur Erklärung des Metachronismus der Membranellen das Vorhandensein eines nervösen Apparates nötig sein soll, wie SCHUBERG (1891, p. 220) und JOHNSON (1893, p. 491) behaupten. Daß eine solche Einrichtung kein physiologisches Postulat für den Metachronismus bildet, beweist schon die Thatsache, daß bei anderen Heterotrichen (Nyctotherus, Bursaria) und Hypotrichen (Stylonychia) ein metachrones Schlagen der Membranellen auch ohne einen solchen nervösen Apparat stattfindet, wie meine Untersuchungen zeigen. Ein ähnlicher Metachronismus findet sich ja nach den Angaben VERWORN's (1891, p. 175) auch bei den Schwimmplättchen der Ctenophoren ohne irgendwelche nervöse Verbindung der einzelnen Plättchen unter einander an ihrer Basis. Die

Thatsache, daß sich die Basalfibrille, so weit meine Untersuchungen reichen, nur bei den sehr kontraktilen Heterotrichengattungen (Stentor und Spirostomum) vorfindet, scheint auch darauf hinzuweisen, daß die Basalfibrille mit der Kontraktilität dieser Tiere in Zusammenhang steht.

Schließlich haben wir noch der intracellulären Fortsetzungen der Membranellen bei den Hypotrichen zu gedenken.

Wie ich bei Stylonychia histrio O. F. M. (cfr. p. 111; Fig. 12a, Bf) erwähnte, erstreckt sich von dem in eine homogene Basallamelle (Bl) eingebetteten Basalsaum (Bs) einer jeden Membranelle (Ml) aus ein haarförmiger Fortsatz, die „Basalfaser", in das Endoplasma hinein. Alle Basalfasern scheinen gegen einen Punkt auf der linken Seite des Peristoms in der Nähe des Anfangs der adoralen Zone gerichtet, endigen aber nach kurzem Verlaufe im Endoplasma frei. Sie scheinen die Funktion von Stützgebilden zu haben.

Die bisher als Membranellen bezeichneten Wimperapparate der Peritrichen habe ich hier nicht zu besprechen, da ich diejenigen des hinteren Wimperkranzes als besondere Gebilde unter der Bezeichnung „Membranulae" im folgenden Abschnitt behandeln will und bei der adoralen Zone nachgewiesen zu haben glaube, daß sie nicht aus zwei Reihen von Membranellen, sondern vielmehr aus zwei undulierenden Membranen gebildet werden.

Wenn wir nun am Schlusse diejenigen Merkmale, welche allen Membranellen in gleicher Weise zukommen, zusammenfassen, so können wir dieselben folgendermaßen charakterisieren: Die Membranellen sind Wimperapparate, die sich ausschließlich in der adoralen Zone vorfinden. Sie bestehen aus zwei Reihen von Fibrillen und besitzen einen aus zwei Reihen von Basalkörperchen zusammengesetzten Basalsaum, was auf eine Entstehung aus zwei Cilienreihen hinweist. Dazu kommt noch ein aus homogenem, verdicktem Ektoplasma gebildeter Stützapparat unter dem Basalsaum. Derselbe ist bei den einzelnen Gattungen verschieden gebaut und tritt manchmal mit anderen Einrichtungen in Verbindung, wodurch ein komplizierterer Apparat entsteht.

Membranula.

Die Bezeichnung „Membranulae" habe ich für die membranellenartigen Wimpergebilde des hinteren Wimperkranzes bei Carchesium gewählt, welche bisher als Membranellen bezeichnet wurden. Ich halte es für zweckmäßig, diese Gebilde von den eigentlichen Mem-

branellen zu trennen, da sie in einigen wesentlichen Merkmalen von der am Schlusse des vorhergehenden Abschnittes gegebenen Charakterisierung der Membranellen abweichen. Sie haben keine Beziehung zu der adoralen Zone und sind auch bezüglich ihrer feineren Struktur von den zonalen Membranellen verschieden.

Als charakteristische Membranulae habe ich (cfr. p. 116—117; Fig. 13 b, d, e; Mla, Bs") diejenigen des hinteren Wimperkranzes von Carchesium und Vorticella beschrieben. Dort sind sie in einem einfachen Kranze parallel zu einander angeordnet, wobei ihre Basalsäume (Fig. 13 d, Bs") schief zur Längsachse des Tieres gerichtet sind. Sie bestehen nur aus einer einzigen Reihe von Fibrillen, wie auch ihr nur aus einer Reihe Basalkörperchen zusammengesetzter Basalsaum zeigt. Hieraus dürfen wir schließen, daß sie je durch Verklebung einer einzigen Cilienreihe entstanden sind.

Zu den Membranulae gehörend oder wenigstens sehr nahe verwandt mit ihnen sind die sog. Wimperkränze mehrerer Holotrichen. So finden sich z. B. nach den Untersuchungen SCHEWIAKOFF's (1889, p. 15 und 17) bei Dinophrya und Didinium ein, resp. zwei Kränze schiefgestellter Cilienreihen, die den Körper gürtelförmig umziehen. Ähnliche Verhältnisse liegen nach BÜTSCHLI (1889, p. 1339) auch bei Lacrymaria vor. Die Cilienreihen dieser Wimperkränze stimmen mit den Membranulae am hinteren Wimperkranze von Carchesium in ihrem Bau fast vollständig überein. Nur sollen nach Angabe der genannten Forscher die einzelnen Cilien in diesen Cilienreihen zwar sehr dicht bei einander stehen, aber nicht mit einander verschmolzen sein. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß wir hier richtige Membranulae vor uns haben; mir schienen wenigstens bei einer gelegentlichen Untersuchung einer lebenden Dinophrya die Cilienreihen je zu einer Membranula verklebt zu sein. Sollten die Cilien aber bei den erwähnten Infusorien nicht mit einander verschmolzen sein, so dürfen wir doch mit BÜTSCHLI (1889, p. 1338) sie wohl „ohne Zweifel als eine Vorstufe echter" Membranulae betrachten.

Cirre.

In ihrem Aussehen gleichen die Cirren in gewisser Hinsicht den Cilien. Sie stellen ebenfalls lange, nach allen Seiten bewegliche Wimpergebilde vor, unterscheiden sich aber von den gewöhnlichen Wimpern dadurch, daß sie an der Basis sehr dick sind und gegen das freie Ende allmählich in eine feine Spitze auslaufen. Ihr Querschnitt ist verschieden gestaltet, kreisrund, polygonal, elliptisch oder

sehr schmal. Charakteristisch für alle Cirren ist die schon lange bekannte Erscheinung, daß sie durch Einwirkung verschiedener Reagentien in einzelne Fibrillen zerfasert werden können. Dies läßt vermuten, daß die Cirre durch Concrescenz aus einem Cilienbüschel entstanden sei. Der Nachweis eines Basalsaumes an der Wurzel der Cirren (Fig. 12 c, Bs), welcher aus einer großen Zahl von Basalkörperchen besteht, die in einer Platte angeordnet sind und von denen jedes an der Basis einer Fibrille liegt, macht diese Vermutung sehr wahrscheinlich.

Wie ich schon bei der Beschreibung der Wimperapparate von Stylonychia histrio O. F. M. (cfr. p. 113) erwähnte, hat Engelmann (1880, p. 522) als erster intracelluläre Fasern beschrieben, diebei den Randcirren vom Basalsaum „nach der Mittellinie des Leibes“ zustreben. Diese Tatsache, die von Maupas (1883, p. 622), Bütschli (1889, p. 1332) und Schuberg (1891, p. 224) bestätigt und erweitert wurde, konnte ich an den Randcirren von Stylonychia histrio O. F. M. ebenfalls beobachten. Die schon beim lebenden Tiere sichtbaren intracellulären Fasern, die wir „Basalfasern“ (Fig. 12 d—e, Bf) nannten, färben sich mit Eisenhämatoxylin dunkel. Was ihre physiologische Bedeutung betrifft, so schien es Engelmann (1880, p. 530) „kaum möglich, an andere als nervöse Funktionen zu denken“. Als Stütze für seine Ansicht führt er die scheinbar willkürliche Bewegung der Cirren und die optische Übereinstimmung der Basalfasern mit den Nervenfibrillen höherer Tiere an. Vor allem aber sprechen nach seiner Meinung „manche anatomische und physiologische Thatsachen dafür, daß die Körperregion, von welcher die willkürliche Bewegung ausgeht, in der mittleren Gegend der Bauchseite nahe der Oberfläche zu suchen sei,“ woher auch „die zu den Randwimpern tretenden Fäserchen“ kommen. Was für anatomische und physiologische Thatsachen das aber sind, aus denen zu schließen ist, daß an jener Stelle das nervöse Centrum für die Cirrenbewegung liegt, teilt uns Engelmann nicht mit.

Bütschli (1889, p. 1332) und Schuberg (1891, p. 219) halten die Engelmann'sche Beweisführung für nicht ausreichend, und letzterer erklärt, daß ihm von den von Engelmann angeführten „anatomischen und physiologischen Thatsachen“ nichts bekannt sei. Ich kann ebensowenig wie Schuberg mir denken, was für Thatsachen dies sein sollten. Das Endoplasma zeigt nämlich an der Stelle, wo die Basalfasern frei endigen, durchaus keine Verschiedenheit gegen das übrige Endoplasma; von einem besonders differenzierten, nervösen Centrum an dieser Stelle kann also nicht gut die Rede sein.

Ferner ist die Übereinstimmung der Basalfasern mit den Nervenfibrillen höherer Tiere, die ENGELMANN (1880, p. 530) als Beweis für die nervöse Funktion derselben anführt, keine vollständige. Sie äußert sich eigentlich nur in der starken Lichtbrechung beider Gebilde. Dagegen scheint die Thatsache, daß die Basalfasern am Basalsaum am dicksten sind und gegen ihre freie Endigung im Endoplasma fein auslaufen, entschieden gegen eine Deutung als nervöser Fibrillen zu sprechen, da das Dickenverhältnis sonst umgekehrt sein müßte. Was ist nun aber die Funktion der Basalfasern? Meine Ansicht geht dahin, daß wir in ihnen eine ähnliche Einrichtung, wie die der Basalfasern der Membranellen (cfr. p. 137), d. h. ein Stützgebilde zu erblicken haben, das zur besseren Befestigung der Cirren am Tierkörper dient.

Wenn ich oben sagte, daß die Ansicht von der Entstehung der Cirren aus einem Bündel verklebter Cilien wohlbegründet sei, so darf ich nicht unerwähnt lassen, daß manche Forscher, vor allem BÜTSCHLI (1889, p. 1330—32) dieser Auffassung einige Zweifel entgegenbrachten. Es könnte nämlich ja auch „die fibrilläre Beschaffenheit der Cirren eine plasmatische Differenzierung sein", da ja „wie ENGELMANN hervorhob, fibrilläre Differenzierungen und daher auch die Fähigkeit zur Zerfaserung in die konstituierenden Fibrillen kontraktilen Plasmagebilden ganz gewöhnlich zukommt". Außerdem spricht die Thatsache (1889, p. 1332), „daß jede Cirre nur eine Basalfaser besitzt, vielleicht ebenfalls gegen eine Concrescenz aus einem Cilienbündel. Ich glaube jedoch, daß der Nachweis eines Basalkörperchens unter jeder Fibrille der Cirre genügend beweist, daß wir die einzelnen Fibrillen mit Cilien homologisieren dürfen. Auch kann das Vorhandensein von nur einer einzigen Basalfaser unter jeder Cirre nicht gegen diese Auffassung angeführt werden, da die Basalfaser mit den einzelnen Fibrillen nichts zu thun hat, sondern wohl erst sekundär zu der Cirre hinzugekommen ist, um dem Ganzen eine bessere Befestigung im Endoplasma zu verleihen.

B. Wimperapparate anderer cilientragender Zellen. Metazoenflimmerzellen.[1])

FRIEDREICH (1858, p. 536) hatte zuerst an Flimmerzellen aus dem Ventrikel kranker Kindergehirne gefunden, daß sich der Cilienbesatz

[1]) Wie ich schon (cfr. p. 99, Anm.) erwähnte, erhielt ich nach Abschluß meiner Arbeit die ausführliche Abhandlung von VIGNON, P.: Recherches de cytologie

über einem gestrichelten Saum an der Oberfläche der Zelle erhebe. „Jedem einzelnen Flimmerhaar schien in solchen Fällen eine Strichelung des Saumes zu entsprechen", die sich nach innen wiederum in eine „durch die Zelle herabtretende Linie" fortsetzte. Ähnlich stellte auch Eimer (1877, p. 115) an dem Wimperepithel der Axolotlkiemen fest, daß jedes Wimperhaar an seiner Basis auf einem „Stäbchen" sitze und daß durch die Aneinanderlagerung dieser Stäbchen der sog. „Deckel oder Basalsaum" der Wimperzellen gebildet werde. Dabei ging jedes Stäbchen (1877, p. 165) „nach innen plötzlich in einen Faden über, der, noch viel feiner als ein Wimperhaar, in der Zelle nach abwärts stieg."

Engelmann (1880) stellte für diese Stäbchen oder „Fußstücke", wie er sie nannte, sowie für die intracellulären Fädchen oder „Wimperwurzeln" eine weite Verbreitung bei den Flimmerzellen der Metazoen fest. Als Untersuchungsobjekt diente Engelmann (1880, p. 518ff.) in erster Linie das Wimperepithel des Darmes von Anodonta, wo er besonders eingehend die Wimperwurzeln studierte. Er fand, daß diese dort gegen das untere Ende der Zelle konvergieren, und so einen „Fibrillenkonus" bilden, der in eine „Stammfaser" ausläuft. Bezüglich ihrer Funktion glaubt er annehmen zu dürfen, „daß die Wimperwurzeln für die Ernährung der Cilien und speziell vielleicht für ihr Wachstum, ihre Neubildung, von spezifischer Bedeutung sind." Im Gegensatz dazu hatte Eimer (1877, p. 116) bei den Flimmerzellen der Axolotlkiemen eher „eine Verbindung mit Nerven" vermutet. Diese Ansicht wurde in neuerer Zeit von Apáthy (1897, p. 707) für den Fibrillenkonus der Anodonta-Darmzellen weiter ausgeführt, wobei

---

générale sur les épithéliums. (Arch. de Zool. exp. u. gén., 3. sér. T. IX, 1901, No. 3—4, p. 371—715, Pl. XV—XXV.) In dieser Abhandlung sind die von mir in den folgenden Abschnitten besprochenen Wimpereinrichtungen der Metazoen-Flimmerzellen, sowie auch das Vorkommen und die Funktion der Wimperwurzeln und Basalkörperchen sowohl an der Hand eigener Untersuchungen, als auch durch Heranziehung der gesamten über diese Frage bis jetzt erschienenen Litteratur zum Teil noch ausführlicher behandelt, als das in meiner Arbeit der Fall ist. Es freut mich, konstatieren zu können, daß Vignon, obgleich von einer ganz anderen Seite ausgehend, nämlich von einer Untersuchung über die Beziehungen der verschiedenen Epithelien zu einander, dennoch bezüglich der Entstehung und Bedeutung der Wimpereinrichtungen mit wenigen Ausnahmen zu ähnlichen Resultaten kommt, wie ich auf Grund meiner Befunde an den Wimperapparaten der Infusorien. Auf eine ausführliche Besprechung der Vignon'schen Abhandlung kann ich hier nicht eingehen; die sich auf unsere Frage beziehenden Ansichten Vignon's kommen größtenteils auch schon in seinen früheren Arbeiten zum Ausdruck und sind von mir in meiner Arbeit an verschiedenen Stellen berücksichtigt worden.

er annahm, „daß wir es im Fibrillenkonus mit dem Innervierungsmodus der Flimmerzellen zu thun" haben. Der einwandsfreie Beweis für die Richtigkeit seiner Auffassung ist ihm aber nicht gelungen, wie er selbst bemerkt.

Wiederum in anderer Weise erklärte NUSSBAUM (1877, p. 392) die Funktion der Wimperwurzeln, indem er „durch Beobachtungen am Nierenepithel der Plagiostomen" nachgewiesen zu haben glaubt, daß durch die Kontraktion der Wimperwurzeln die Bewegung der Cilien erfolge. „Für die motorische Funktion der Wimperwurzeln" tritt auch BENDA (1901, p. 156) ein. Beweisend ist für ihn die Thatsache, daß sich die Wimperwurzeln, wie BENDA (1899, p. 380) schon früher fand, „scharf in der Farbe des Chondriomitoms" färben, welches „auch anderwärts mit der Bildung motorischer Organe in Beziehung" steht.

Alle diese Ansichten, welche den Wimperwurzeln eine so wichtige Funktion „für den Mechanismus der Flimmerbewegung" beilegen, scheitern aber, worauf v. LENHOSSÉK (1898a, p. 127) mit Recht hinweist, an der Thatsache, daß derartige Einrichtungen sich „doch nur bei so wenig Flimmerzellen finden", was bei einer so großen Bedeutung für das Wimperspiel nicht möglich wäre. Wir müssen uns daher nach einer anderen Auffassung der Natur der Wimperwurzeln umsehen, welche uns auch für das gelegentliche Fehlen dieser Gebilde eine befriedigende Erklärung zu geben vermag.

Dieser Anforderung entspricht die Annahme EISMOND's (1900, p. 139), daß wir in den Wimperwurzeln Einrichtungen zu erblicken haben, welche zur Befestigung der Cilien dienen und „mit der Konstruktion des Stützapparates irgend einer unpaaren Flosse" zu vergleichen seien. Ein solcher Stützapparat erscheint für die oft sehr heftig bewegten Wimpern sehr zweckmässig, wenn auch nicht physiologisch absolut notwendig; sein Fehlen in gewissen Fällen könnte mit der weniger starken Flimmerung zusammenhängen. Diese Auffassung der Funktion der Wimperwurzeln scheint mir am besten der Wirklichkeit zu entsprechen.

Eine etwas abweichende Erklärung giebt HEIDENHAIN (1899b, p. 211—212), indem er die Wimperwurzeln im Gegensatz zu Myofibrillen und Neurofibrillen als „Tonofibrillen", d. h. als Widerstandsfasern bezeichnet. Er nimmt an, daß diese Fasern bei Zellen, die stark unter Pressungen und Zerrungen zu leiden haben, einen Widerstand gegen diese Kräfte zu leisten bestimmt seien. Zu dieser Ansicht kam HEIDENHAIN durch das Studium von wimperfreien Zellen, speziell von Darmepithelzellen beim Frosch, wo er eine starke faserige

Differenzierung entdeckte. Ob jedoch diese Faserung cilienfreier Zellen identisch mit der der Wimperwurzeln ist, welche im Vergleich zu den ersteren viel stärker sind, ist noch zweifelhaft. Ähnlich faßt auch Vignon (1900a, p. VIII) die Funktion der Wimperwurzeln auf; sie sollen im Darm von Anodonta die Aufgabe haben, die Wimperzellen gegen den Druck des Darminhalts zu schützen.

Vergleichen wir nun mit dem Bau der Flimmerzellen der Metazoen die Befunde, welche wir an den Wimperapparaten der Infusorien gemacht haben, so finden wir folgendes. Es ließ sich an der Basis aller Cilien sowohl bei Metazoen, als auch bei den Infusorien je ein mit Eisenhämatoxylin schwarz gefärbtes Basalkörperchen nachweisen. Von Einrichtungen, welche den Wimperwurzeln der Metazoen entsprechen, konnte dagegen an den einfachen Cilien der Infusorien nichts wahrgenommen werden. Man könnte daran denken, mit den Wimperwurzeln die bei den Membranellen Randcirren und von Stylonychia histrio O. F. M. (cfr. p. 111—113) beschriebenen Basalfasern zu vergleichen, für die wir (cfr. p. 137, 139—140) ja ebenfalls eine Stützfunktion angenommen haben. Beide Gebilde unterscheiden sich aber wesentlich dadurch von einander, daß die Wimperwurzeln je einer Cilie zukommen, während die Basalfaser der Cirre oder Membranelle je einem ganzen Cilienkomplexe zur Stütze dient.

Bezüglich der kompliziert zusammengesetzten Wimperapparate der Infusorien finden wir bei den Flimmerzellen der Metazoen wenig Entsprechendes. Mit Cirren sind vielleicht die von Studnička (1899, p. 15, Fig. 19) beschriebenen und abgebildeten „Geißelzellen aus dem Gehörorgane von Petromyzon“ zu vergleichen. Wie bei der Cirre „ist auch hier die Geißel aus einzelnen Cilien gebildet, die oben mit einander verklebt sind“ und an ihrer Basis „eine Schicht dicht an einander gedrängter Blepharoplasten“ (Basalkörperchen) erkennen lassen.

Sehr weitgehend ist die Übereinstimmung zwischen den Membranellen der Infusorien, besonders von Stentor, und den sog. Eckzellen der Kiemen von Anodonta, worauf schon Schuberg (1891, p. 213 ff.) und Bütschli (1889, p. 1335) hinwiesen. Nach Engelmann's (1880, p. 512, Fig. 5—7) Beschreibung entspringen bei diesen Eckzellen „die Cilien oben auf jeder Zelle von zwei den langen Seitenrändern parallelen Leistchen, die nichts anderes sind als die verschmolzenen oder richtiger reihenweise an einander gefügten Fußstücke der elementaren Cilien. Die Wimpern stehen genau über den Leistchen“ und „jede Zelle trägt somit nicht ein einziges breites Haar, sondern zwei glatte Cilienbündel oder Membranellen, welche

sich in einiger Höhe über der Zelle unter spitzem Winkel an einander legen und zu einer einzigen Membranelle verschmelzen". Jedes Fußstück setzt sich nach innen in eine Wimperwurzel fort, welche alle nach unten konvergieren und in eine einzige Faser auszulaufen scheinen. Vergleichen wir nun mit diesen Angaben und mit ENGELMANN's Figuren 7, 5 und 6 die bei Stentor gegebene Beschreibung der Membranellen (cfr. p. 107—108, 133—137) und meine Abbildungen (Fig. 10a, b und c), so sehen wir, daß die Übereinstimmung eine fast vollständige ist. In beiden Fällen besteht die Membranelle aus zwei Reihen von verklebten Cilien, welche je aus einem Basalkörperchen hervorgehen. Diese Basalkörperchen bilden bei den Eckzellen die „Leistchen", bei Stentor den Basalsaum. Daran schließt sich ein Stützapparat, der bei den Eckzellen in Form konvergierender Wimperwurzeln auftritt, welche in einer einzigen Faser zu endigen scheinen; bei Stentor ist er dagegen als homogenes, dreieckiges Plättchen, als Basallamelle, ausgebildet, welche in das Endfädchen ausläuft. Ein Unterschied besteht also darin, daß der basale Stützapparat bei der Eckzelle aus einzelnen Fasern gebildet wird, während er bei Stentor homogen ist. Trotzdem dürfen wir in beiden wohl analoge Einrichtungen erblicken. Diese Thatsache scheint mir ein weiterer Hinweis auf die Richtigkeit der Auffassung der Wimperwurzeln als Stützgebilde zu sein, da die ihnen bei Stentor entsprechende Basallamelle wohl kaum eine andere Funktion (cfr. p. 135) haben kann, als eine stützende. Ein Analogon zu der bei Stentor beschriebenen Basalfibrille (cfr. p. 108, 134—137) fehlt den Eckzellen der Kiemen von Anodonta, was bei der von uns angenommenen kontraktilen Funktion der Basalfibrille leicht verständlich ist, da der Zweck einer Kontraktionsvorrichtung bei den Kiemenepithelzellen nicht einzusehen wäre.

Flagellaten.

Was die Einpflanzung der Wimpern oder Geißeln bei den Flagellaten betrifft, so halte ich mich bei ihrer Beschreibung, vor allem an die eingehenden Untersuchungen von PLENGE (1899). Derselbe ging aus von den Geißelschwärmern der Mycetozoënart Didymium farinaceum, wo es ihm (1899, p. 217—236) gelungen war, an der Basis der Geißel nicht nur ein dem Basalkörperchen entsprechendes „Körnchen" nachzuweisen, sondern auch festzustellen, daß von diesem Basalkörperchen aus ein dunklerer Faden ausgeht, der sich bis zum Kerne verfolgen läßt. Der Kern selbst liegt in einem „birnförmigen Bläschen", das mit seiner Spitze an der Geißelbasis inseriert.

Eine ähnliche Verbindung von Geißel und Kern wies nun Plenge (1899, p. 251) auch bei mehreren Flagellaten nach. So fand er an einer aus dem Darm des Salamanders stammenden zweigeißeligen Flagellatenart dieselbe Einrichtung. Ebenso konnte er bei Chloropeltis ovum „einen deutlich gefärbten Strang von der Geißelbasis bis zur Oberfläche des im hinteren Körperende liegenden Kernes verfolgen". Auch an der Geißel von Trachelomonas-Arten (1899, p. 252) stellte er fest, daß „ein Verbindungsfaden bis zum Kerne oder bis in dessen Nähe" führe.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch vor Plenge schon an verschiedenen Flagellaten gemacht. Kunstler (1882) fand an der Basis der Geißeln mehrerer Flagellaten basalkörperähnliche Verdickungen. Nach Frenzel (1892, p. 52) geht bei Mastigamoeba schulzei und verwandten Formen die Geißel „nicht von der Leibesoberfläche aus, sondern durchbohrt diese vielmehr und sitzt dem bläschenförmigen Kerne auf". Ähnlich stellte auch Klebs (1893, p. 364) bei verschiedenen Gattungen aus der Familie der Peranemiden fest, „daß die Geißeln mehr oder weniger tief im Plasmakörper inseriert sind" und speziell bei Dinema erstreckte sich nach seinen Angaben (1893, p. 375) die Geißel „manchmal anscheinend bis in die Nähe des etwa in der Mitte liegenden Kernes". Die Beobachtungen Blochmann's (1894b, p. 198—199) an Dimorpha mutans ergaben, daß hier beide Geißeln von einem, wahrscheinlich dem Centralkorn der Heliozoën entsprechenden, kleinen „Körperchen" entspringen, welches in einer schüsselförmigen Aushöhlung des Kernes liegt; in diesem Körperchen konvergieren auch die Achsenfäden. Marchand (1894, p. 716) sah bei Trichomonas vaginalis, daß sich der Kern bei dieser Form mit einer nach vorn gerichteten halsförmigen Verlängerung „bis unmittelbar an die Insertion der Geißeln erstreckt". Nach Franzé (1894, p. 95) ist bei mehreren Arten der Gattung Polytoma „die Insertionsstelle der Geißeln durch ein kleines, über die Körperfläche hervorragendes Wärzchen besonders gekennzeichnet", welches wohl als Basalkörperchen angesprochen werden muß. Vor kurzem wurde die Geißelinsertion bei Polytoma uvella Ehrbg. von Dangeard (1901, p. 2–3) eingehender untersucht und gefunden, daß das eben erwähnte Basalkörperchen („blépharoplaste") durch ein Fädchen („rhizoplaste") mit dem Kern verbunden sei, wo es mit einem kleinen Knötchen („condyle") ende. Diese Art der Verbindung der Geißel mit dem Kerne kann ich bei Polytoma uvella Ehrbg. vollkommen bestätigen. Auch ist es mir gelungen, bei verschiedenen Chlamydomonas-Arten eine ganz ähnliche Einrichtung festzustellen. Wie

Figur 14 von Chlamydomonas pulvisculus EHRBG. zeigt, sieht man auch hier an der Geißelbasis ein mit Eisenhämatoxylin schwarz gefärbtes Körperchen (B), das sich häufig als aus zwei getrennten Körnchen bestehend zu erkennen giebt (Fig. 14, 2 B), so daß einer jeden Geißel auch ein Basalkörperchen entspricht; so fand ich es übrigens auch bei Polytoma uvella EHRBG., während DANGEARD stets nur ein einziges Körperchen gesehen zu haben scheint. Von den beiden Basalkörperchen zieht nun bei Chlamydomonas ein feines, sich ebenfalls schwarz färbendes, dem „rhizoplaste" entsprechendes Fädchen (Rh) bis zur Wand des bläschenförmigen Kernes (K). An seiner Endigung am Kerne findet sich auch bei dem Rhizoplasten von Chlamydomonas eine knötchenartige Verdickung (Kn), die dem „condyle" zu vergleichen ist. Auf den Vergleich, den DANGEARD zwischen dem Geißelapparat von Polytoma und den Einrichtungen bei Spermatiden zieht, werde ich unten (cfr. p. 162) zurückkommen.

Wir wollen uns nun die Frage vorlegen, wie wir die bei den Flagellaten vorhandenen Geißelapparate mit den oben beschriebenen Wimpereinrichtungen bei Infusorien und Metazoënflimmerzellen in Beziehung bringen können. Die Verdickungen an der Basis der Geißeln dürfen wir wohl sicher mit den Basalkörperchen vergleichen. Schwieriger ist aber die Frage zu entscheiden, wie die Verbindung der Geißelbasis mit dem Kerne zu erklären ist. Nach der Auffassung PLENGE's (1899, p. 236) soll sie dazu dienen, „der Geißel in dem ziemlich flüssigen Protoplasma eine festere Stütze darzubieten". Diese Erklärung halte auch ich für die wahrscheinlichste. Ob dabei die knötchenförmige Verdickung des Rhizoplasten (Rh) am Kerne nur zur besseren Befestigung an diesem bestimmt ist, ist nicht sicher zu entscheiden. Man könnte den Rhizoplasten vielleicht mit einer Wimperwurzel vergleichen, welche durch ihre Verbindung mit dem Kerne für den Geißelapparat eine stärkere Stütze abgiebt, ähnlich wie z. B. die Basallamellen bei Bursaria durch ihre Verbindung mit dem Peristombande vermittelst der Querstreifen den Membranellen eine größere Befestigung verleihen, wie wir oben (cfr. p. 133) ausgeführt haben.

Als Anhang zu der Beschreibung der Geißelapparate der Flagellaten wollen wir hier noch die Geißelinsertion bei den Kragengeißelzellen der Spongien erwähnen, da hier ähnliche Verbindungen von Geißel und Kern vorliegen. HEIDER (1886, p. 15) konnte an Oscarella lobularis O. S. zuerst „eine Fortsetzung der Geißel in das Innere der Zellen auf das Deutlichste verfolgen". Ähnlich sah BIDDER (1896, p. 17, 20) bei Sycon raphanus, daß „the flagellum can

be traced inside the substance of the cell to the nucleus", wofür er auch einige Abbildungen (1896, p. 14, Fig. c—d) gab. Ebenso stellte Weltner (1896, p. 285) bei Spongilla fest, „daß die Geißel bis an den Kern der Zelle herantritt", während Minchin (1896, p. 45) dieselbe Einrichtung bei Leucosolenia, und v. Lendenfeld (1896, Fig. 115) bei Clavulina und anderen Spongien (1897, p. 78, Fig. 35) beschrieben.

Algenschwärmsporen.

Schließlich haben wir hier noch die Beobachtungen Strasburger's (1900, p. 188 ff.) an den Schwärmsporen einiger Algen zu erwähnen, wo ebenfalls eine Beziehung der Cilien zum Kern festgestellt wurde. Nach seinen Angaben wandern bei der Schwärmerbildung von Vaucheria die Zellkerne an die „Oberfläche der Sporenanlage, strecken sich senkrecht zu ihr und setzen mit einem verschmälerten Ende an die Hautschicht an". „Letztere schwillt, dieser Ansatzstelle entsprechend, zu einer schwach konkav-konvexen Linse an. Vom Rande dieser Linse aus, dort, wo sie an die unverdickte Hautschicht grenzt, entspringen, an zwei einander gegenüberliegenden Stellen, die Cilien. Ihre Ansatzstellen sind als ganz schwache Knötchen kenntlich." Auch bei Oedogonium legt sich (1900, p. 190) „der Zellkern der Schwärmsporenanlage der Hautschicht an, und diese wird an der entsprechenden Stelle" zu einer bikonvexen, linsenförmigen Scheibe verdickt. „Von dem Rande dieser Scheibe entspringen die Cilien, deren Insertionen sich als schwache Knötchen markieren." In derselben Weise wird bei der Schwärmsporenanlage von Cladophora (1900, p. 192) von dem an die Peripherie gerückten Zellkerne die Hautschicht linsenförmig verdickt und es entspringen ihrem Rande vier Cilien, deren „Insertionen als schwache Knötchen markiert" sind.

Es erhebt sich nun die Frage, wie diese Art der Cilieninsertion bei Algenschwärmsporen mit den Befunden an den übrigen cilientragenden Zellen verglichen werden können. Strasburger (1900, p. 195) bezeichnet die linsenförmigen Verdickungen der Hautschicht als „Blepharoplasten" und identifiziert (1900, p. 210) sie mit den Basalkörperchen der Metazoënflimmerzellen, da „die Anschwellungen an der Basis der einzelnen Cilien zu unbedeutend" seien, „um als Basalkörperchen gelten zu können". Ich möchte aber dennoch die „schwachen Knötchen" an der Cilienbasis für die Analoga der Basalkörperchen ansprechen, da bei allen untersuchten Ciliengebilden, vor allem auch bei den zusammengesetzten Wimperapparaten der Infu-

sorien, nachgewiesen werden konnte, daß jede Cilie ihr eigenes, getrenntes Basalkörperchen besitzt und daß nie eine Verschmelzung der Basalkörperchen zu einem einheitlichen „Blepharoplasten", sondern nur eine sehr dichte Aneinanderlagerung derselben beobachtet wurde. In den von STRASBURGER als „Blepharoplasten"[1]) bezeichneten Hautschichtverdickungen sind vielleicht Einrichtungen zu sehen, welche den bei den Ciliaten von mir beschriebenen ektoplasmatischen Verdickungen, d. h. den Basallamellen u. s. w. entsprechen und wie diese dem Wimperapparat zur Stütze oder besseren Befestigung am Körper dienen sollen. Der Entscheidung dieser Frage wird man vielleicht durch Färbversuche mit Eisenhämatoxylin näher kommen, indem sich dabei die „Knötchen", wenn sie Basalkörperchen sein sollen, tiefschwarz färben müßten, während die als „Blepharoplasten" bezeichneten Hautschichtverdickungen vielleicht einen helleren Ton annehmen würden.

Der Vollständigkeit halber ist hier noch zu erwähnen; daß auch bei den geißeltragenden Bakterien gewissermaßen eine Verbindung der Geißeln mit dem Kerne vorhanden ist, wofern man nämlich mit BÜTSCHLI (1896) annimmt, daß der „Centralkörper" der Bakterien als Kern aufzufassen ist. Ob sich bei den Bakterien basalkörperchenartige Gebilde an der Geißelbasis vorfinden, muß noch dahingestellt bleiben.

II. Basalkörperchenfrage.

A. Funktion der Basalkörperchen.

Über die Funktion der von FRIEDREICH (1858) und EIMER (1877) entdeckten und von ENGELMANN (1880) eingehend beschriebenen Basalkörperchen haben diese Forscher selbst sich nicht ausgesprochen.

Nach der Ansicht FRENZEL's (1886, p. 76), der die Basalkörperchen oder „Fußstäbe" mit dem Härchen- oder Stäbchensaum in Beziehung bringt, ist deren Hauptaufgabe darin zu suchen, daß sie „ein Schutzgebilde für die empfindliche und sonst gänzlich nackte Zelle" darstellen.

SCHUBERG (1891, p. 218) hält die Basalsäume an den Membranellen von Stentor coeruleus EHRBG., die er mit den Basalkörperchen

[1]) Aus diesem Grunde habe ich die von WEBBER (1897b) stammende Bezeichnung „Blepharoplasten" nicht für die Basalkörperchen der tierischen Flimmerzellen angewendet, wie das STUDNIČKA (1899) vorschlug.

der Flimmerzellen der Metazoën vergleicht, obgleich ihm, wie schon oben (cfr. p. 107) erwähnt, eine Trennung in solche nicht gelungen war, für „besonders feste Teile der Pellicula, wo die Membranellen eine wirkliche Stütze finden".

Wiederum in anderer Weise stellt Apáthy (1897, p. 703) die Funktion der Basalkörperchen dar. Er hält sie nämlich für Endteile des von ihm als Nervenapparat beschriebenen Fibrillenkonus. Dabei sollen sie nicht an der Basis der Cilien liegen, sondern mit diesen alternieren, eine Ansicht, die seither von mehreren Forschern zur Genüge widerlegt worden ist. Man kann sich ja auch bei Wimperzellen, die einen nur spärlichen Flimmerbesatz tragen, unschwer davon überzeugen, daß die Cilien sich je unmittelbar auf einem Basalkörperchen erheben; noch schöner zeigt sich das bei den regelmäßig angeordneten Cilien der Infusorien (z. B. Paramaecium, Fig. 6a).

Während die genannten Ansichten über die physiologische Bedeutung der Basalkörperchen keinen großen Anklang gefunden haben, so ist dagegen seit wenigen Jahren eine andere Auffassung von ihrer Funktion vielfach erörtert worden.

So viel mir bekannt ist, hat zuerst Verworn (1891, p. 180) die Vermutung ausgesprochen, daß in den Engelmann'schen Fußstücken, mit denen er, wie schon früher (cfr. p. 121) erwähnt, auch die Alveolarschicht der Infusorien verglich, die Ursache für die Flimmerbewegung zu suchen sei. Zu dieser Ansicht gelangte er durch die schon früher auch von anderen Forschern vielfach gemachte Beobachtung, daß völlig isolierte Wimpern nicht mehr fähig sind zu schlagen, während solche, die noch ein kleinstes Stückchen Protoplasma an ihrer Basis tragen, noch längere Zeit ihre Bewegung beibehalten. Er glaubt nun, daß von den in den Protoplasmastückchen enthaltenen Basalkörperchen der Reiz für die Flimmerbewegung ausgehe. An dieser Auffassung hält Verworn (1901, p. 258) auch jetzt noch fest.

In ähnlicher Weise spricht sich auch v. Lenhossék (1898a, p. 119) aus. Er konstatierte nämlich an lebendem, teilweise in Verschleimung begriffenem Flimmerepithel aus dem Rachen des Frosches, „daß die Flimmerzelle noch funktionieren kann, wenn das Cytoplasma darin ganz oder fast ganz durch Schleim verdrängt ist." In derselben Weise hatte auch Frenzel (1886, p. 53) an Wimperzellen aus der Leber von Mollusken ein sehr lebhaftes Flimmerspiel beobachtet, trotzdem dieselben „fast vollständig von einer großen Sekretblase erfüllt wurden, welche im oberen Zellteil nur eine ganz schmale

Zone freiließ". Aus diesen beiden Beobachtungen glaubt nun v. LENHOSSÉK (1898a, p. 120) schließen zu dürfen, daß beim Wimperspiel ein Mitwirken des Cytoplasmas ganz ausgeschlossen sei und daß nur die Basalkörperchen „als die Reizquelle der Flimmerbewegung in Anspruch genommen werden" können.

Der Lösung dieser Frage versuchte in demselben Jahre PETER (1898, p. 281) auf experimentellem Wege näher zu kommen. Er fand, daß kernlose Stücke von Flimmerzellen aus dem Darm von Anodonta oder solche, bei denen der Wimperapparat aus dem Protoplasma vollständig isoliert war, ebenfalls flimmern. Eine starke Verletzung des Fibrillenkonus beeinträchtigte die Cilienbewegung ebensowenig. Daraus folgert er, daß der Kern, das Plasma und der Fibrillenkonus „keinen direkten Einfluß auf diese Bewegung" besitzen können. Da nun andererseits völlig isolierte Cilien keine Bewegung mehr zeigten, so glaubt PETER per exclusionem schließen zu dürfen, „daß man das motorische Centrum nur in den Basalkörperchen suchen" könne. Diese Ansicht von der kinetischen Funktion der Basalkörperchen wird auch noch durch eine interessante Beobachtung GURWITSCH's (1900, p. 52) unterstützt. Er fand, daß bei einigen Flimmerzellen der Wimperbesatz vor den Basalkörperchen entstehe. Nun bemerkte er beim lebenden Rachenepithel der Salamanderlarve, daß die unfertigen Flimmerzellen, die noch keine Basalkörperchen besitzen, auch keine Bewegung zeigen, während dagegen die fertigen mit Basalkörperchen versehenen Zellen lebhaft flimmerten. Dies deutet ebenfalls darauf hin, daß der Anstoß zum Wimperspiel von den Basalkörperchen ausgeht.

So verlockend und wohl begründet nun die Auffassung der Basalkörperchen als kinetischer Centra für die Flimmerbewegung erscheinen mag, so wurden doch mit der Zeit eine ganze Reihe schwer wiegender Einwände gegen ihre Richtigkeit erhoben.

Man wies darauf hin, daß v. LENHOSSÉK's oben erwähnte Beobachtung der Wimperbewegung an verschleimten Flimmerepithelzellen nicht als absolut beweisend für seine Ansicht erachtet werden dürfe, da auch schleimbildende Zellen von einem Protoplasmanetz durchdrungen seien, so daß das beobachtete Wimperspiel auch vom Plasma angeregt worden sein könnte. Dasselbe trifft auch bei der Flimmerbewegung der mit einer Sekretblase erfüllten Molluskenleberzellen, die FRENZEL beschrieb, zu, da in der „ganz schmalen Zone im oberen Zellteil" immerhin noch so viel Protoplasma vorhanden sein konnte, daß eine Einwirkung desselben auf die Wimperbewegung möglich war.

Gegen den experimentellen Nachweis von Peter, daß die Basalkörperchen motorische Centra seien, wurde von Eismond (1900, p. 137) mit Recht eingewendet, daß es wohl nicht möglich sei, durch einfaches Zerzupfen und Zerdrücken den Wimperapparat vollständig vom Protoplasma zu isolieren. Dieses werde zum mindesten noch zwischen den einzelnen Fasern des Fibrillenkonus hängen bleiben, deshalb sei eine Beeinflussung der Flimmerbewegung von seiten des Protoplasmas nicht ausgeschlossen.

Was schließlich die erwähnte Beobachtung Gurwitsch's betrifft, so weist er selbst (1900, p. 52; 1901, p. 207) darauf hin, daß es nicht entscheidbar sei, ob die Unbeweglichkeit des Flimmerbesatzes von dem Fehlen der Basalkörperchen oder vielmehr von dem Vorhandensein eines Häutchens abhänge, welches die Flimmerzellen des Rachens der Salamanderlarven in diesem Entwickelungsstadium noch bedecke.

Als direkten Beweis gegen die motorische Funktion der Basalkörperchen läßt sich nun die Thatsache anführen, daß es unbewegliche Wimpergebilde giebt, an deren Basis sich Basalkörperchen finden.

So beschrieb ich oben (cfr. p. 113, 124—125) bei den starren, als Tastorgane gedeuteten Rückenborsten von Stylonychia je ein zugehöriges Basalkörperchen; dasselbe zeigt sich auch an den Tastborsten von Loxodes und dem hinteren Wimperbüschel von Paramaecium caudatum Ehrbg.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch an Metazoën gemacht. Fürst (1900, p. 190) beschrieb bei den sensorischen „Haarzellen der Crista und Macula acustica", sowie bei denen der „Nervenhügel und der Seitenorgane in der Haut" von Lachsembryonen einen „Haarapparat". Dieser besteht in Übereinstimmung mit den Einrichtungen der Flimmerzellen aus dem durch Verklebung von Cilien entstandenen Haar oder Speer, ferner aus einer Scheibe, die sich als aus kugeligen Basalkörperchen zusammengesetzt zu erkennen giebt und schließlich einem Konus, der dem Fibrillenkonus der Wimperzellen entspricht; darnach ist „die Haarzelle als eine, wenn auch spezifisch differenzierte Flimmerzelle aufzufassen". Wichtig ist für uns das Vorhandensein einer aus Basalkörperchen zusammengesetzten Scheibe bei diesen unbeweglichen Sinneshaaren.

Bei dem Thiele'schen Organe von Pecten sah Vignon (1900 b, p. 1233) an der Basis der starren Sinneshärchen charakteristische Basalkörperchen.

Ebenso beschrieb Prenant (1900, p. 107) an den Sehzellen der

Hirudineen, wo er in den intracellulären Vakuolen einen cilienähnlichen Borstenbesatz nachwies, an der Basis der einzelnen Borsten deutliche, mit Eisenhämatoxylin schwarz färbbare Basalkörperchen.

Auch die von HESSE (1900, 1901) an den Sehorganen verschiedener Wirbellosen (vor allem Mollusken und Arthropoden) entdeckten „Basalknöpfchen" sind hier anzuführen. Sie zeigen das Aussehen charakteristischer Basalkörperchen und färben sich auch meist mit Eisenhämatoxylin schwarz.

Ähnliche Basalkörper fand HAMLYN-HARRIS (in einer demnächst in den „Zoologischen Jahrbüchern" erscheinenden Abhandlung über die statischen Organe der Cephalopoden) an den Sinneszellen der „Macula statica" der Tintenfische, wovon ich mich an seinen Präparaten selbst überzeugen konnte.

Während bei den von FÜRST beschriebenen Sinneszellen eine Verwandtschaft mit echten Flimmerzellen sehr wahrscheinlich ist, kann man dagegen die übrigen erwähnten Sinneszellen nicht wohl auf Wimperzellen zurückführen. Mit Rücksicht darauf bezeichnet HESSE die Verdickung an der Basis der Sinneshärchen zum Unterschied von den Basalkörperchen als „Basalknöpfchen". Mag nun eine Beziehung zu Flimmerzellen vorliegen oder nicht, jedenfalls dürfen wir in den Basalkörperchen und Basalknöpfchen wohl analoge Gebilde erblicken. Sie können an der Basis dieser starren Sinneshärchen — und das ist für uns wichtig — gewiß nicht eine motorische Funktion haben, da ja hier keine Bewegung vorhanden ist.

In ähnlicher Weise, wie bei den Sinneszellen, spricht auch das Vorhandensein von Basalkörperchen an der Basis der unbeweglichen Borsten der sog. Stäbchen- oder Borstensaumzellen gegen die kinetische Bedeutung der Basalkörperchen.

FRENZEL (1886, p. 70ff.) faßte die Stäbchen und Borsten der in Rede stehenden Zellen als Homologa zu seinen Fußstäbchen (= Basalkörperchen) auf und hielt sie für Schutzorgane „gegen mechanische wie auch gegen chemische Eingriffe (Selbstverdauung im Darm etc.)".

NICOLAS (1891, Fig. 3) bildet dagegen an den Zellen des WOLFF'schen Körpers unter dem Borstenbesatz einen Saum von Stäbchen ab, von denen jedes an der Basis einer Borste liegt.

Ähnliches fand auch ZIMMERMANN (1898) am Dickdarmepithel beim Menschen, nahm aber an, daß zwischen den an der Oberfläche der Zellen gelegenen Stäbchen die Borsten als pseudopodienartige Fortsätze nach außen treten.

HEIDENHAIN (1899b, p. 220—221) wies am Froschdarm nach, daß die von ZIMMERMANN gesehenen Stäbchen je an der Basis der

pseudopodienartigen Fortsätze liegen und daß beide zusammen dem „Fußstäbchen“ Frenzel's entsprechen. Dabei sind nur die durch Eisenhämatoxylin schwarz gefärbten Stäbchen als Basalkörperchen aufzufassen, während die schwach tingierbaren Fortsätze den Cilien entsprechen.

Ebenso beschrieb auch Prenant (1899, p. 35) an der Basis solcher Borstensäume Basalkörperchen, die aber im Vergleich zu denen der Flimmerzellen schwächer ausgebildet seien und eine mehr oder weniger unregelmäßige Lagerung zeigen. Dies läßt ihn vermuten, daß der Borstenbesatz „représente une garniture vibratile en quelque sorte immobilisée et figée, et comme atrophiée par le fait de l'immobilisation“, da er den Basalkörperchen der echten Flimmerzellen eine kinetische Funktion beilegt.

Dieselbe Ansicht teilt auch Studnička (1899, p. 8), indem er beobachtete, daß bei den „nicht flimmernden Wimperzellen“ im Darmkanal von Ascaris die Basalkörperchen dem Fehlen einer Flimmerung entsprechend auch nur „äußerst schwach entwickelt sind“. Am Fuße der Stäbchen im Darmkanale verschiedener Wirbeltiere konnte er ebenfalls Basalkörperchen nachweisen.

Dies gelang auch Vignon (1900a, p. XIV—XVI). Er fand, daß die Basalkörperchen an der Basis der Borsten bei den Borstensaumzellen im allgemeinen kleiner seien, als diejenigen der Flimmerzellen. Es zeigte sich ferner, daß bei manchen Borstensäumen die Basalkörperchen sich nicht mit Eisenhämatoxylin darstellen ließen. Trotzdem glaubte er, annehmen zu dürfen, daß beide Arten von Basalkörperchen mit denen der Flimmerzellen verglichen werden können.

Diese gegen die kinetische Funktion der Basalkörperchen sprechenden Beobachtungen an Borstensäumen vermehrt Vignon (1900b, p. 1233) noch durch die Angabe, daß er an den Tentakeln von Pecten Flimmerzellen gefunden habe, die sicher keine Basalkörperchen besitzen. Dies würde darauf hinweisen, daß das Vorhandensein von Basalkörperchen für das Zustandekommen der Flimmerbewegung nicht notwendig ist.

Aus dem Vorhergehenden sehen wir, daß nicht nur für die Ansicht von der kinetischen Funktion der Basalkörperchen kein einwandsfreier Beweis mehr übrig bleibt, sondern daß verschiedene Thatsachen sogar gegen eine solche sprechen. Denn in allen Fällen, wo man glaubte, daß dieser Beweis erbracht sei, konnte nachgewiesen werden, daß dabei eine Einwirkung des Protoplasmas durchaus nicht ausgeschlossen war. Die Thatsache aber, daß wir Basalkörperchen an der Basis unbeweglicher Ciliengebilde, nämlich bei Sinneshaaren

und am Borsten- oder Stäbchensaum, antreffen, spricht entschieden gegen eine motorische Bedeutung der Basalkörperchen.

Welche Funktion müssen wir aber dann den Basalkörperchen beilegen?

Die Ansicht EISMOND's (1900, p. 139) geht dahin, daß wir es bei den Basalkörperchen „nicht mit irgend centralen kinetischen Apparaten, sondern mit Bildungen zu thun haben, welche, ähnlich den Verhältnissen an den Flossen der Fische, bloß zur Befestigung des Wimperapparates und Ansetzung der wirksamen Kräfte dienen", welch letztere „im Protoplasma in molekulären Vorgängen unbekannter Natur zu suchen" seien. Dabei vergleicht er die mit Wimperwurzeln ausgestatteten Flimmerzellen mit dem Stützapparat der unpaaren Flosse und diejenigen ohne solche mit dem Stützapparat der Mundcirren bei Amphioxus. Je nach der Anforderung, welche an die Flimmerzellen gestellt werde, finden wir bei ihnen einen einfacheren oder komplizierteren Stützapparat; bei den Infusorien fehlt nach seiner Ansicht ein solcher ganz, was, wie meine Untersuchungen zeigen, nicht zutrifft.

Mit der EISMOND'schen Auffassung von der Funktion der Basalkörperchen stimmt die oben erwähnte (cfr. p. 149) Ansicht SCHUBERG's (1891, p. 218) überein. Ähnlich äußerte sich auch schon früher KUNSTLER (1882, p. 21) über die Basalkörperchen an den Geißeln der Flagellaten, indem er fand, daß die Geißeln „pivotent sans cesse sur le bourgeon charnu qui les supporte, toute d'une pièce, comme s'ils y étaient articulés". Auch PLENGE (1899, p. 226) machte es bei den Geißeln der Mycetozoenschwärmer „den Eindruck, als wenn sie an den Basalkörperchen wie in einem Kugelgelenk eingelenkt" seien. Ähnlich beschreibt MEISENHEIMER (1899, p. 712) die Basalkörperchen an der Wimperzelle der Urniere von Ancylus fluviatilis als verdickte, „der Ansatzstelle der Cilien einen stärkeren Halt verleihende" Knötchen.

Auch mir erscheint die Ansicht EISMOND's, daß die Basalkörperchen als Stützapparate für die Wimpergebilde aufzufassen sind, sehr zutreffend. Denkt man daran, wie heftig häufig das Schlagen der Wimpern erfolgt, so erscheint es sehr vorteilhaft, wenn nicht gar physiologisch notwendig, daß die Cilien eine besondere Befestigung am Zellenkörper erhalten. Dazu eignen sich aber die Basalkörperchen vorzüglich. Dies zeigt sich besonders in solchen Fällen, wo die Cilien sehr nahe an einander stehen oder gar zu einem komplizierteren Wimperapparat (undulierende Membran, Membranelle, Cirre) verklebt sind. Hier bilden die Basalkörperchen dann durch

ihre nahe Aneinanderlagerung gewissermaßen eine feste Platte, welche für den gesamten Cilienbesatz eine vorzügliche Stütze darstellt.

Diese Deutung der Basalkörperchen hat vor derjenigen der kinetischen Funktion den weiteren Vorzug, daß sie auch das Vorhandensein derselben bei den unbeweglichen Sinneshaaren und Borstensäumen erklärt. Die letzteren werden häufig stark passiv hin und her bewegt und bedürfen deshalb ebenfalls einer größeren Befestigung. Da diese passive Bewegung an Stärke jedoch nicht der aktiven Flimmerbewegung gleichkommt, so ist es auch erklärlich, warum in manchen Fällen die Basalkörperchen hier nicht so deutlich ausgebildet sind.

In ganz anderer Weise denkt sich Gurwitsch (1901, p. 219) die Funktion der Basalkörperchen. Er fand an dem Flimmerepithel der Tuba des Kaninchens, am Rachen- und Ösophagusepithel der Krötenlarven, sowie am Darmepithel des Lumbricus, daß hier die Basalkörperchen vor den Flimmerhaaren entstehen und diese aus sich heraussprossen lassen. Daraus schließt Gurwitsch, daß die Basalkörperchen „den Nachwuchs der Flimmerhaare sowohl im Verlaufe der histogenetischen Entwicklung, wie auch des weiteren Lebens und Thätigkeit der fertigen Flimmerzelle“ liefern. Mit dieser Auffassung, die an und für sich sehr plausibel erscheint und auch das Vorhandensein von Basalkörperchen bei unbeweglichen Sinneshaaren und Borstensäumen zu erklären vermag, läßt sich jedoch die von Gurwitsch selbst gemachte Beobachtung, daß bei den Flimmerzellen im Rachen von Salamanderlarven die Basalkörperchen erst nach Bildung der Cilien entstehen, nicht recht in Einklang bringen.[1])

Da wir nun eine Einwirkung der Basalkörperchen auf die Flimmerbewegung in Abrede stellen müssen, so bleibt uns noch übrig, zu untersuchen, auf welche Weise das Wimperspiel vor sich geht.

[1]) In der nach Abschluß meiner Arbeit erschienenen vorläufigen Mitteilung von Holmgren, N.: Über die morphologische Bedeutung des Chitins bei den Insekten (Anat. Anz. XXI. Bd., No. 14 vom 4. Juli 1902, p. 373—378, 5. Abt.) spricht Verfasser die Ansicht aus, daß die Basalkörperchen, „sowohl motorische Centren (bei typischen Flimmerzellen) als auch Centren der Flimmerhaarregeneration“ seien. Aus mehreren Gründen, besonders aber aus dem Vorhandensein von Basalkörperchen an den Chitinmatrixzellen von Arthropoden glaubt Holmgren nun schließen zu dürfen, daß „alle vertikal gestreiften Chitinbildungen — — morphologisch und phylogenetisch nichts als starre chitinisierte und verklebte Flimmerhaare seien“ und daß man deshalb ihre Entstehung auf die Basalkörperchen zurückführen müsse.

Wie schon (cfr. p. 142) erwähnt wurde, will NUSSBAUM (1877, p. 392) am Nierenepithel der Plagiostomen beobachtet haben, daß die Bewegung der Cilien durch Kontraktion der Wimperwurzeln erfolge.

Eine ähnliche Ansicht sprach auch BENDA (1899, p. 383; 1901, p. 156) aus, indem er die Wimperwurzeln als aus Mitochondrien, d. h. aus primitiven Kontraktionselementen, zusammengesetzt beschreibt, „die auch anderwärts mit der Bildung motorischer Organe in Beziehung stehen". Auf die Gründe, die gegen eine solche Auffassung sprechen, habe ich schon oben (cfr. p. 142) hingewiesen.

Die Annahme, daß der Bewegungsapparat der Cilien an deren Basis zu suchen sei, teilt auch TÖNNIGES (1898, p. 129—130). Nach seiner Beschreibung verlaufen bei Opalina „dicht unter der Pellicula sich kreuzende Fibrillen, auf deren Knotenpunkten die Wimpern stehen und deren Kontraktion vermutlich die Bewegung der Wimpern verursachen". Wie ich schon gelegentlich der Beschreibung von Opalina (cfr. p. 79) erwähnt habe, konnte ich von einer derartigen Einrichtung, die ich überdies für physiologisch unmöglich halte, dort nichts finden.

Auch wurde mit der Zeit von mehreren Forschern bewiesen, daß die Bewegung in der Cilie selbst und nicht etwa in irgend welchen Apparaten an ihrer Basis ihren Sitz habe. Dafür spricht unter anderem die bei Flagellaten häufig beobachtete Erscheinung, daß der untere Teil der Geißel vollkommen starr und unbeweglich bleibt, während das freie Ende lebhafte Schwingungen vollführt; die Geißel muß dementsprechend selbst beweglich sein.

Allein die schon längst bekannte Thatsache, daß völlig vom Körper losgerissene Cilien oder Geißeln sich nicht mehr oder doch nur sehr kurze Zeit noch bewegen, deutet darauf hin, daß die Cilie zur Ausführung ihrer Bewegung einen Reiz vom Körper selbst empfangen muß. Daß dieser Reiz nicht vom Basalkörperchen ausgeht, wie bisher meist angenommen wurde, haben wir oben gesehen. Wahrscheinlich giebt das Protoplasma die Anregung zur Flimmerbewegung; denn in allen Fällen, wo bei der Lostrennung einer Cilie vom Zellenkörper eine kleine Menge Protoplasma an ihrer Basis vorhanden war, zeigte sich auch noch längere Zeit eine Bewegung.

B. Entstehung der Basalkörperchen.

v. Lenhossék-Henneguy'sche Hypothese.

Während man sich früher mit der Entstehung der Basalkörperchen wenig beschäftigt hatte, so ist seit wenigen Jahren diese Frage

in den Brennpunkt der Untersuchungen über die Wimperzellen gerückt. Zwei Forscher, v. Lenhossék und Henneguy, begründeten unabhängig von einander im Jahre 1898 fast gleichzeitig die Hypothese, daß die Basalkörperchen der Flimmerzellen aus Centrosomen hervorgehen. v. Lenhossék (1898 a, p. 108 ff.) machte seine Untersuchungen an dem „Nebenhodenepithel des Kaninchens und der Ratte", wo typische Flimmerzellen zwischen gewöhnlichen Cylinderepithelzellen „sporadisch" eingeschaltet sind. In den Cylinderzellen fand er die Centralkörperchen als „dicht unter der freien Fläche der Zelle gelegene Körnchen". Bei den Flimmerzellen konnte er aber trotz eifrigen Suchens nirgends etwas von Centralkörperchen wahrnehmen. Da nun die Basalkörperchen bezüglich ihrer Lage an der Zellenoberfläche mit den Centralkörperchen der benachbarten Cylinderzellen übereinstimmten, so drängte sich ihm die Vermutung auf, daß man in beiden dieselben Gebilde zu erblicken habe.

Außer dieser Übereinstimmung in der Lage und dem Fehlen der Centralkörperchen in allen untersuchten Flimmerzellen sprechen nach v. Lenhossék für die „Centralkörpernatur der Basalkörperchen" noch folgende Gründe: „Sie zeigen am ungefärbten Präparat dieselbe starke Lichtbrechung" und bei der Färbung mit Eisenhämatoxylin die gleiche intensive Schwarzfärbung, wie die Centralkörperchen. „Einen schwerwiegenden Beweis für die Richtigkeit" seiner Anschauung erblickt er weiterhin „in der Analogie mit Verhältnissen der Samenfäden und ihrer Entwicklung", bei der festgestellt wurde, daß ein Centralkörper den Achsenfaden hervorsprossen lasse und an der Wurzel desselben gewissermaßen als Basalkörperchen verbleibe.

Die Bildung der Basalkörperchen in den Flimmerzellen ist nach der Ansicht v. Lenhossék's (1898 a, p. 117) so zu denken, daß die Centralkörperchen einer fortgesetzten Teilung unterliegen, „bis sich die ganze Oberfläche mit Centralkörpern bevölkert; diese lassen dann, vielleicht schon im Momente ihrer Entstehung, gerade so wie die Centralkörper in den Spermatiden, je einen fadenförmigen, beweglichen Fortsatz aus sich hervorgehen, der frei aus der Zelle hervorragt und deren Komplex den Flimmerbesatz der Zelle darstellt."

Den Ausgangspunkt der Untersuchungen Henneguy's (1898, p. 482 ff.) bildeten die Spermatocyten einiger Schmetterlinge (Bombyx mori und Hyponomeuta cognatella). Er fand hier, wie das ähnlich kurz vorher schon Meves (1897 a, p. 2—3) an mehreren Lepidopterenspermatocyten beschrieben hatte, an der Basis der vier Cilien dieser Zellen je ein mit Eisenhämatoxylin schwarz gefärbtes Basalkörperchen, von denen je zwei nahe an einander liegen. Bei der Mitose dieser

Spermatocyten spielt nun je ein solches Basalkörperchen die Rolle eines echten Centralkörperchens, indem es die Spitze der achromatischen Spindel einnimmt; dabei bleibt es mit den beiden Cilien im Zusammenhang. Diese Thatsache und die oberflächliche Lage der Centrosomen in Epithelzellen, sowie die Beobachtungen an tierischen und hauptsächlich an pflanzlichen Spermatiden brachten HENNEGUY (1898, p. 494—495) zu der Überzeugung, daß die Basalkörperchen der Flimmerzellen „sont de véritables centrosomes", welche wir als „centres cinétiques pour les mouvements externes de la cellule" betrachten dürfen.

Wir wollen nun an der Hand der bis jetzt über diese Frage erschienenen Litteratur, sowie eigener Beobachtungen untersuchen, welche Thatsachen für und gegen die v. LENHOSSÉK-HENNEGUY'sche Hypothese ins Feld geführt werden können. Dabei wollen wir so verfahren, daß wir der Reihe nach die verschiedenen, von den Begründern dieser Hypothese als Beweise angeführten Punkte auf ihre Beweiskraft prüfen.

Oberflächenlage der Centrosomen.

Was zunächst die oberflächliche Lage der Centrosomen in Epithelzellen betrifft, welche v. LENHOSSÉK und HENNEGUY als Beweis für die Richtigkeit ihrer Ansicht von der centrosomalen Entstehung der Basalkörperchen ansprechen, so haben allerdings mehrere Forscher diese als bei zahlreichen Epithelien zutreffend beschrieben.

Zuerst hatte ZIMMERMANN (1894, p. 245) auf der Anatomenversammlung in Straßburg die Lage der Centrosomen nahe der Oberfläche an Epithelzellen des Uterus und des Dickdarms des Menschen sowie in den Harnkanälchen vom Kaninchen demonstriert.

Ähnlich fanden auch HEIDENHAIN und COHN (1896, p. 203) bei den Mikrocentren der Cylinderzellen von Vogelembryonen, „daß sie hier der Regel nach an dem einen Ende der Zelle unmittelbar unter der freien Oberfläche des Epithels gelegen sind". Sie konstatierten diese Lage an dem Cylinderepithel des Vorderdarms, des Centralnervensystems, des Gehörbläschens, der Retina, des Pigmentepithels etc.

BALLOWITZ (1898, p. 369) beobachtete an den Plattenepithelien „der Pharyngeal- und Kloakenhöhle und der äußeren Körperfläche der Salpen, daß die oberflächliche Lagerung der Körperchen stets nur an der freien, der Anheftung der Zelle entgegengesetzten Seite statt hat".

In seiner ausführlichen Arbeit über Drüsen und Epithelien be-

schrieb Zimmermann (1898, p. 690—691) die Lage der Centralkörperchen in der Nähe der Zelloberfläche bei einer großen Zahl von Epithelien, so im Dünn- und Dickdarm, in den Hälsen der Fundusdrüsen des Magens, in den Speichelröhrchen, im Nebenhoden. Bei manchen Epithelien war das Mikrocentrum „in unmittelbarem Kontakt mit der freien Zelloberfläche", so „in sämtlichen Nierenkanälchen mit Ausnahme der gröberen Sammelröhrchen, im Deckepithel des Uterus, im Ausführungsgangsystem des Pankreas, in den interlobulären Gallengängen, in der Thyreoidea, im sekretleeren Zustande der großen Zellen in der Thränendrüse, auch in den Knäueldrüsen".

Ebenso fand auch Heidenhain (1899a, p. 107) an der Niere und dem Epithel des Harnleiters von Proteus, sowie an den Ausführungsgängen verschiedener Drüsen beim Menschen eine oberflächliche Lage der Centralkörperchen.

Nach allen diesen Beobachtungen dürfen wir es nun als sicher erwiesen betrachten, daß die Centralkörperchen bei Epithelzellen in der That meist nahe der freien Oberfläche der Zelle liegen. Ob aber daraus geschlossen werden darf, daß die ebenfalls an der freien Zellperipherie gelegenen Basalkörperchen der Wimperzellen den Centralkörperchen anderer Epithelzellen entsprechen, wie v. Lenhossék und Henneguy annehmen, ist sehr zweifelhaft. Heidenhain (1899a, p. 105—106) stellte nämlich fest, daß bei den Flimmerepithelzellen der Lebergänge von Helix die Basalkörperchen „in die Grenzmembran selbst implantiert sind" und „vielleicht geradezu als Differentiationsprodukte derselben aufgefaßt" werden können. Da nun aber die Centralkörperchen der Epithelzellen immer nur von innen her der Grenzmembran anliegen, so folgt daraus, wie Heidenhain (1899a, p. 106) hervorhebt, daß sich die Basalkörperchen „wenigstens in topographischer Beziehung anders als die Centralkörper" verhalten. Ähnlich fand auch Gurwitsch (1901, p. 220), daß die Basalkörperchen bei verschiedenen Flimmerzellen stets in „einem scharf abgegrenzten hyalinen Saum" liegen.

Centralgeißel.

Zimmermann (1898, p. 693—694) erwähnt noch eine weitere Beobachtung über die oberflächliche Lage der Centrosomen, die für die centrosomale Entstehung der Basalkörperchen sprechen könnte. Er fand nämlich in sämtlichen Nierenkanälchen mit Ausnahme der Sammelröhrchen, in dem Ausführungsgangsystem des Pankreas, in

den Samenblasen eine eigentümliche Bildung, die er „Centralgeißel“ nennt. Es zeigte sich, daß bei dem in Gestalt eines Diplosoma auftretenden Mikrocentrum „der der freien Oberfläche der Zelle zunächst liegende Centralkörper diese ausnahmslos berührt, und daß von demselben ein feiner Faden, der »Außenfaden« (die eigentliche Geißel), frei über die freie Zelloberfläche hinaus in das Kanallumen hineinragt“. Hier entspricht also das Diplosoma vollständig einem Basalkörperchen und Zimmermann (1898, p. 697) wirft daher selbst die Frage auf, „ob die an der Basis der Cilien der echten Flimmerzellen dicht unter der Zelloberfläche gelegenen Knötchen mit dem das typische Kinocentrum darstellenden Diplosoma verwandt“ seien. Eine ebensolche Centralgeißel beschreibt auch Gurwitsch (1901, p. 188) an den Centralkörperchen vom Fimbria-Epithel des Kaninchens.

Spermatogenese bei den Tieren.

An die Beziehung der Centralkörperchen zu der Centralgeißel erinnern nun auch die Befunde, welche bei der Spermatogenese gemacht wurden.

Hermann (1889, p. 88—89) beobachtete bei Salamander und Maus, daß das als „Nebenkern“ bekannte Gebilde in den Spermatocyten „zu dem Prozeß der Karyokinese Beziehungen eingeht und als Analogon“ zu den „Attraktionssphären mit den in ihrem Inneren gelegenen Centrosomen oder Polarkörperchen auftritt“. In den Spermatiden zeigt sich dieser Nebenkern dann in Form zweier verschiedener Gebilde, nämlich einem farblosen und einem färbbaren. Der färbbare Teil des Nebenkerns liegt an der Zelloberfläche und besteht beim Salamander aus einem Korn und einem Ring, welch letzterer bei der Maus zu fehlen scheint. Das Korn wird zum Mittelstück des fertigen Spermatozoon und vermittelt so die Verbindung des Schwanzfadens mit dem aus dem Kern hervorgegangenen Kopf. Der Ring steht mit der Bildung des Flossensaumes bei den Salamanderspermatozoën in Zusammenhang. Bei der Spermatogenese einiger Selachier gelang Moore (1896, p. 294) der Nachweis, daß aus den beiden Centrosomen, nachdem sie dicht an die Peripherie der Spermatide gerückt sind, ein feines Fädchen entsteht, welches die Zellwand durchbohrt und frei nach außen tritt. Hierauf wandern die Centrosomen samt dem Fädchen gegen den Kern. Dieses Fädchen entspricht bei dem reifen Spermatozoon dem Achsenfaden des Schwanzes. Was aus den Centrosomen wird, vermochte er nicht zu verfolgen.

Diese Art der Entstehung des Achsenfadens bestätigte Meves (1897b, p. 116, 117) beim Salamander und führte auch den einwandsfreien Nachweis, daß die das Mittelstück des fertigen Spermatozoon zusammensetzenden Gebilde wirklich die Centrosomen sind. Bezüglich der Natur des Achsenfadens würde es sich nach seiner Ansicht „um einen Mitomfaden der Zellsubstanz handeln, welcher ebenso, wie z. B. ein Polstrahl oder eine Spindelfaser der achromatischen Figur der Mitose, an dem Centralkörper angeheftet ist".

Hermann (1897, p. 308—309) führt die von Meves ausgesprochene Ansicht, daß der Achsenfaden mit einem Mitomfaden zu vergleichen ist, weiter aus und glaubt, daß von den das Mittelstück bildenden Centrosomen „der Impuls für die Bewegungserscheinung des Samenfadens gegeben wird", was schon früher Eimer (1874, p. 130) vermutete.

Bei den merkwürdigen wurmförmigen Spermatozoën von Paludina vivipara fand v. Erlanger (1897, p. 166), daß das am Hinterende befindliche, stark lichtbrechende „Endplättchen", welches ein Wimperbüschel trägt, „dem (wahrscheinlich doppelten) Centralkörper entspricht". v. Lenhossék (1897a; 1898b, p. 300) gelang zum ersten Male der Nachweis bei Säugern, und zwar bei der Ratte, daß der Achsenfaden vom distalen Centrosoma gebildet werde. Er hält die Centrosomen des Mittelstückes für das kinetische Centrum für die Bewegung des Schwanzes. Die centrosomale Entstehung des Achsenfadens bei der Ratte bestätigte Meves (1897c, p. 168) und stellte dasselbe für den Menschen fest. Ebenso fand auch v. Bardeleben (1897a, p. 147; 1897b; 1898) beim Menschen, daß „der Achsenfaden wesentlich aus den Centralkörpern" hervorgehe.

Suzuki (1898, p. 128—129) untersuchte die Spermatogenese der Selachier genauer und beobachtete, daß der Schwanzfaden vom distalen Centrosoma gebildet werde. Bald darauf wird dieses zu einem Ring, durch den der Schwanzfaden hindurchtritt und sich mit dem proximalen Centrosoma verbindet. Dann wächst dieses proximale Centrosoma zu einem langen Stabe aus, der bis zum Kerne reicht.

Benda (1898, p. 395—396) konstatierte das Heranrücken des centrosomalen Kornes an den Kern bei mehreren Säugern und bei Sauropsiden (Lacerta, Fringilla). Unter den Amphibien fand er, daß bei den Anuren (Rana und Bombinator) „das centrosomale Mittelstück nur kornartig bleibt", während es bei den Urodelen (Salamandra) lang auswächst. Ähnliche Verhältnisse, wie bei Salamandra und den Selachiern beobachtete Benda auch bei Gasteropoden.

Die Spermatogenese bei Helix pomatia wurde durch v. KORFF (1899, p. 292) ausführlich beschrieben. Nach seinen Untersuchungen entsteht der Achsenfaden ebenfalls vom distalen Centrosoma, welches als Korn an seiner Basis bleibt. Das proximale Centrosom wächst dagegen stabförmig in die Länge gegen den Kern aus, wo es mit einer Verdickung endigt. Dieser Zustand der Spermatide bei Helix ist es, den DANGEARD (1901, p. 1—4) mit gewissen Flagellaten vergleicht. Wie ich oben (cfr. p. 145) erwähnte, fand dieser Forscher bei Polytoma uvella, was ich bestätigen und auch bei Chlamydomonas feststellen konnte, an der Basis der Geißeln ein Basalkörperchen („blépharoplaste"), welches durch ein stäbchenförmiges Gebilde („rhizoplaste") mit dem Kern verbunden ist; dieser Rhizoplast zeigt an seiner Endigung am Kerne eine knötchenförmige Verdickung („condyle"). In der That ist nun der Bau dieser Flagellaten vollständig analog dem der Spermatiden von Helix. Das Basalkörperchen entspricht dem distalen Centrosom, der Rhizoplast dem proximalen Centrosom und das Knötchen („condyle") der Verdickung des letzteren am Kerne. Ob nun diese Übereinstimmung so gedeutet werden darf, daß wir in den entsprechenden Gebilden der Flagellaten wirklich Centrosomen sehen sollen, ist, wie auch DANGEARD bemerkt, sehr zweifelhaft. Es ließe sich das nur so feststellen, daß man an der Kernteilung dieses Flagellaten, welche nach den Angaben BLOCHMANN's (1894 a, p. 87; Fig. 2) eine karyokinetische ist, untersuchte, welche Rolle dabei die in Rede stehende Geißeleinrichtung spielt.

Die Beobachtungen v. KORFF's bestätigte J. NUSBAUM (1899, p. 180) für Helix lutescens.

Gegen die Ansicht, daß das centrosomale Mittelstück als kinetisches Centrum anzusehen sei, wendet sich MEVES (1899, p. 380—383). Nach seiner Auffassung dienen die Centrosomen des Mittelstücks lediglich „dem Schwanz, durch dessen Kontraktilität der Samenfaden bewegt wird", wie zuerst BALLOWITZ (1889, p. 435) aussprach, als Ursprung und vermitteln seine Verbindung mit dem Kopfe. „Am Samenfaden sowohl, als auch bei der Zellteilung spielen die Centralkörper also dieselbe Rolle, indem sie einmal als Angriffspunkte für die »motorischen Fibrillen« und zweitens als Anheftungspunkte für die Kernteile (Spermienkopf bezw. Chromosomen) dienen, welche fortbewegt werden sollen".

Nach diesen eingehenden Untersuchungen über die Spermatogenese an Vertretern aus den verschiedensten Klassen des Tierreichs steht es fest, daß der Achsenfaden des Schwanzes aus einem Centrosom hervorsproßt und daß das Mittelstück, welches durch seine

Lage an der Basis des Achsenfadens des Schwanzes gewissermaßen als Basalkörperchen desselben aufgefaßt werden kann, centrosomalen Ursprungs ist. In dieser Hinsicht ist also gegen die v. Lenhossék-Henneguy'sche Lehre nichts einzuwenden.

Spermatogenese bei einigen Pflanzen.

Im Anschluß an die Spermatogenese bei den Tieren wollen wir hier die Entstehung der sog. Cilienbildner (Blepharoplasten) bei pflanzlichen Spermatozoën betrachten, welche Henneguy (1898) als Stütze seiner Hypothese ansieht. Dabei halte ich mich hauptsächlich an die Darstellung, welche in jüngster Zeit J. Strasburger (1900, p. 177 ff.) über diese Frage gegeben hat.

Hirase (1894, p. 359; 1895, p. 12) fand zuerst bei der Spermatogenese von Ginkgo in den Spermatogonien nahe dem Kerne abgegrenzte Kinoplasmamassen, welche mit der Bildung der Cilien des fertigen Spermatozoids in Zusammenhang stehen und wahrscheinlich als Centrosomen anzusprechen seien.

Ähnliches beschrieb Webber (1896—97, p. 453) bei Zamia und stellte fest, daß die in Frage stehenden Gebilde, für die er (1897—98 b) die Bezeichnung „Blepharoplasten" einführte, bei der Teilung der generativen Zelle gegen die Pole der Kernspindel wanderten, aber ziemlich weit entfernt von dieser blieben. Bei der Reifung des Spermatozoids umwachsen die Blepharoplasten dasselbe als cilientragendes Band. Da aber bei der Befruchtung dieses cilientragende Band ganz abgestoßen wurde und weiterhin bei den Teilungen des Eies nichts von Centrosomen zu erkennen war, so schloß Webber (1897—98 b, p. 232) daraus, daß man die Blepharoplasten nicht als Centrosomen auffassen dürfe. Nach Hirase (1898) deutet aber die um die Blepharoplasten von Ginkgo auftretende Strahlung ganz entschieden auf die centrosomale Natur dieser Gebilde hin, wofür auch ihr dem der Spermatogenese der Metazoën entsprechendes Verhalten bezüglich der Cilienbildung spreche. Dieselben Thatsachen lassen auch Ikeno (1898, p. 17) vermuten, daß die Blepharoplasten bei Cycas revoluta als von den Centrosomen abstammende Bildungen aufzufassen seien, wenn er auch zugeben muß, daß diese vermeintlichen Centrosomen „von den bisher bekannten Centrosomen in einigen Punkten abweichen". Ikeno (1898, p. 15) vergleicht ferner die Blepharoplasten der Spermatozoiden der Gymnospermen mit den von Belajeff (1897 a, p. 339; b, p. 342) bei den spermatogenen Zellen von Characeen, Filicinen und Equisetaceen beschriebenen „Körper-

chen", die ebenfalls mit der Cilienbildung in Zusammenhang stehen. Obgleich BELAJEFF (1898) geneigt ist, diese „Körperchen" für centrosomale Gebilde zu halten, so bemerkt er doch ausdrücklich, daß es ihm nicht gelungen sei, ihre Beteiligung bei der Kernteilung zu beobachten.

Bei der Spermatogenese von Marsilia glaubte SHAW (1898, p. 177) nachweisen zu können, daß die Blepharoplasten mit Centrosomen nichts zu thun haben. Demgegenüber hält aber BELAJEFF (1899, p. 199) die centrosomale Natur der Blepharoplasten bei Marsilia über allen Zweifel erhaben. Allein die Thatsache, daß die Blepharoplasten weder vor, noch nach der Cilienbildung bei der Kernteilung die Rolle eines Centrosoms spielen und daß bei den Pteridophyten und Phanerogamen bisher überhaupt noch keine den Centrosomen entsprechende Gebilde nachgewiesen werden konnten, mahnen, wie STRASBURGER (1900, p. 185) mit Recht betont, sehr zur Vorsicht. STRASBURGER möchte die Blepharoplasten in den Spermatozoiden der Gefäßpflanzen vielmehr mit den von ihm entdeckten, schon oben (cfr. p. 147—148) erwähnten, linsenförmigen Hautschichtverdickungen einiger Algenschwärmsporen vergleichen. Daß die Blepharoplasten der Spermatozoiden intracellulär entstehen, während die entsprechenden Gebilde bei den Schwärmsporen an der Zellmembran gebildet werden, steht diesem Erklärungsversuch nach STRASBURGER deshalb nichts im Wege, weil ja auch die Hautschichten aus Kinoplasma hervorgehen, wie diese Blepharoplasten. Daraus dürfen wir schließen, daß die centrosomale Entstehung der Blepharoplasten durchaus nicht einwandsfrei festgestellt ist und deshalb auch nicht als Beweis für die centrosomale Natur der Basalkörperchen der Flimmerzellen angeführt werden kann, wie das HENNEGUY (1898, p. 487) wollte.

Lichtbrechung und Färbbarkeit.

Was die v. LENHOSSÉK (1898 a, p. 114) erwähnte Übereinstimmung der Basalkörperchen mit den Centralkörperchen hinsichtlich ihrer „starken Lichtbrechung" am ungefärbten Präparate betrifft, so ist eine solche allerdings vorhanden. Da aber im Cytoplasma der Flimmerzellen, besonders bei Infusorien, noch zahlreiche andere Körnchen ein ebenso starkes Lichtbrechungsvermögen besitzen, so kann hierauf kein großer Wert gelegt werden.

Eine größere Beweiskraft scheint der Thatsache zuzukommen, daß die Basalkörperchen sich mit der für den Nachweis von Central-

körpern charakteristischen Eisenhämatoxylinmethode gleichfalls tiefschwarz färben.

Allein Studnička (1899, p. 9—10) und Vignon (1900a, p. XVI) wiesen mit Recht darauf hin, daß das Eisenhämatoxylin durchaus nicht eine spezifische Färbmethode in dem Sinne sei, daß sie ausschließlich nur die Centrosomen färbe. Sie führten auch mehrere Zellelemente an, welche mit Eisenhämatoxylin eine intensive Schwarzfärbung zeigen; so z. B. das Chromatin der Kerne, die doppelt lichtbrechenden Partien der quergestreiften Muskelfasern, ferner die von Heidenhain und Cohn (1896) beschriebenen Schlußleisten, das Chondriomitom Benda's (1899, p. 380) und anderes.

In gleicher Weise zeigen auch meine Untersuchungen zahlreiche Zellbestandteile, die sich mit Eisenhämatoxylin tiefschwarz färben. Ich erinnere dabei nur an die scheibenförmigen Körperchen bei Opalina (Fig. 1b u. c, J); die Trichocysten von Prorodon (Fig. 2d, T), Paramaecium (Fig. 6b—d, T) und Ophryoglena (Fig. 7a—c, T); die Reusenstäbchen von Prorodon (Fig. 2c, R), Chilodon (Fig. 3a—c, R) und Coleps (Fig. 4b—d, R); die Myoneme von Prorodon (Fig. 2c, Mr, Mr'), Carchesium (Fig. 13a, b, d, e; M und Ms); die endoplasmatischen Körnchen von Nyctotherus (Fig. 8a—e, J) und die Pyrenoide von Chlamydomonas (Fig. 14, Py). Die übereinstimmende Schwarzfärbung dieser verschiedenen Zellelemente läßt sich vielleicht aus dem Umstande erklären, daß sie alle stark verdichtete Plasmateile sind, worauf auch Gurwitsch (1900, p. 55) hinweist.

Es läßt sich nun auch ein Unterschied in der Färbbarkeit der Basalkörperchen und Centrosomen darin erkennen, daß diese beim Differenzieren mit Eisenalaun den Farbstoff viel länger festzuhalten vermögen, als die Basalkörperchen. Ich fand das z. B. am Flimmerepithel des Gaumens und der Kiemen von Tritonlarven. Dieselbe Beobachtung machte Fischel (1900, p. 261), und ich möchte auch die Angabe Zimmermann's (1898, p. 676), daß er in den Flimmerzellen des Nebenhodens des Menschen wohl Centrosomen, aber keine Basalkörperchen gesehen habe, hierauf zurückführen, da wir ja durch die Untersuchungen v. Lenhossék's (1898a) und anderer wissen, daß diese dort vorhanden sind.

Wie wir aus diesen Thatsachen ersehen, berechtigt uns die anscheinend übereinstimmende Färbung der Basalkörperchen und Centrosomen mit Eisenhämatoxylin nicht zu dem Schlusse, die Basalkörperchen von Centrosomen abzuleiten.

Centrosomen in Flimmerzellen.

Wenden wir uns nun der Frage zu, ob in den Wimperzellen Centrosomen vorhanden sind oder nicht, so haben wir schon erwähnt, daß von v. LENHOSSÉK (1898a, p. 114, 118) „solche Centralkörper in keiner der von" ihm „untersuchten Flimmerzellenart nachgewiesen werden konnten", worin er „das wichtigste Resultat" seiner Untersuchungen erblickt.

Ebenso gelang es auch ZIMMERMANN (1898, p. 678) in den Flimmerzellen des Uterus vom Menschen „in keinem Falle ein Centrosoma oder Diplosoma aufzufinden"; er hält es jedoch für „möglich, daß dasselbe zwischen den Basalknötchen der Flimmerhaare steckte und von diesen verdeckt wurde".

Auch HEIDENHAIN (1899c, p. 66) suchte bei den Wimperzellen vergeblich nach „einer besonderen Centralkörpergruppe".

Ähnlich hat auch FÜRST (1900, p. 192) in den von ihm untersuchten „Haarzellen" von Lachsembryonen, die aus Flimmerzellen hervorgegangene Sinneszellen vorstellen und eine Scheibe von Basalkörperchen besitzen, „keine Centralkörperchen gefunden".

Im Gegensatz zu diesen wenigen negativen Befunden sind in der letzten Zeit eine Reihe von Fällen beschrieben worden, wo bei Wimperzellen entweder in der Ruhe Centrosomen nachgewiesen oder, was gleichbedeutend ist, mitotische Teilungen beobachtet werden konnten.

So fand HAMMAR (1897, p. 16) beim Hunde „im Epithel des Nebenhodenkanälchens zahlreiche Mitosen (Figg. 10, 12, 23, 35m auf Taf. II—IV)", wobei sich während der Teilung „auf der freien Zellfläche Flimmerhaare nachweisen" ließen.

In gleicher Weise beobachtete ZIMMERMANN (1898, p. 676) in den Flimmerzellen des Nebenhodens ein Diplosoma unter der Zelloberfläche in einem hellen Hofe. Auch in den mit Basalkörperchen ausgestatteten „Stäbchensaumzellen" des Dickdarms vom Menschen konnte er unter der Oberfläche deutliche Diplosomen erkennen.

STUDNIČKA (1899, p. 10—11, Fig. 3) fand „in Flimmerzellen des Pharynx junger" Salamanderlarven, sowie in solchen „des Zungenepithels von erwachsenen Salamandra maculata" deutliche Centrosomen etwa in der Mitte zwischen Kern und freier Zelloberfläche. Ebenso sah er auch bei Embryonen von Petromyzon fluviatilis in den „Flimmerzellen aus der oberen Partie der Kiemenhöhle, der Thyreoida und des Darmkanals äußerst distinkte einzelne oder Doppel-

körnchen, die oft in einem deutlichen Hof lagen". Auch wies er (1899, p. 16) „in Cuticularzellen, und zwar denen der Epidermis von Petromyzontenembryonen, deutliche Centrosomen" nach.

Diese Angaben Studnička's wurden von Fischel (1900, p. 262) vollkommen bestätigt und auf die Flimmerzellen des Oesophagus der Salamanderlarven ausgedehnt, wo sich ebenfalls gut unterscheidbare, von einem hellen Hof umgebene Diplosomen zwischen Kern und freier Zelloberfläche vorfinden.

Henry (1900, p. 253, 264, Figg. 3, 8 auf Taf. XIII) konnte in Wimperzellen des Nebenhodens von Mensch und Ratte das gleichzeitige Vorhandensein von Centrosomen und Basalkörperchen nachweisen.

Ebenso beschrieb auch Benda (1901, p. 155) „im Flimmerepithel des Vas epididymidis bei Ratte und Kaninchen zweifellose Mitose wimperntragender Zellen". Er fand auch in den Flimmerzellen „am Mitteldarm von Anodonta außer den voll entwickelten Basalkörperchen ganz regelmäßig nahe dem Kerne ein einfaches oder doppeltes Korn von Färbung und Gestalt des Centralkörperchens".

In vielen Fällen konnte auch Gurwitsch (1901, p. 191) „in den mit dem Basalkörperchenbesatze versehenen Zellen schwarze Körperchen" beobachten, „die immerhin eine große Ähnlichkeit mit Diplosomen besitzen, wegen ihrer wechselnden Lage jedoch nicht sicher diagnostiziert werden können".

Apáthy (1901, p. 192) ist „durch eine Nachvergoldung der Nachweis von Centralkörpern im Ependym des Kalbes gelungen".

Schließlich kann ich noch erwähnen, daß ich am Wimperepithel der Kiemen von Tritonlarven ebenfalls deutliche Centrosomen an den Polen von mitotischen Teilungen wahrnehmen konnte.

Nach all diesen Befunden ist es sicher bewiesen, daß die Flimmerzellen bezüglich des Vorhandenseins von Centrosomen in keiner Weise von anderen Zellenarten abweichen. Die Thatsache, daß die Centrosomen in Wimperzellen häufig nur schwer beobachtet werden können, hängt vielleicht damit zusammen, daß sie oft sehr nahe der Oberfläche liegen und dadurch von den ebenfalls dort befindlichen Basalkörperchen verdeckt werden, worauf schon Zimmermann (1898, p. 678) hinwies.

Durch den Nachweis von Centrosomen in den Flimmerzellen ist ein Hauptbeweispunkt der v. Lenhossék-Henneguy'schen Hypothese seiner Beweiskraft beraubt.

Centrosomenballen.

Nun haben wir noch BENDA's (1901) vermeintlichen Nachweis der Entstehung der Basalkörperchen aus einem Centrosomenballen zu betrachten. BENDA (1901, p. 153) fand in den Ependymzellen abnormer Centralkanäle beim Menschen „eine Mannigfaltigkeit in Lagerung und Form der Centralkörperchen". Dieselben zeigten häufig Einschnürungen und lagen teilweise als dichte Ballen von kleinsten Körnchen zwischen dem Kerne und der Zelloberfläche. An den Vasa efferentia der Epididymis beim Menschen sah BENDA (1901, p. 154) cilienfreie und bewimperte Zellen mit einander abwechseln, wie das schon lange bekannt war. In den cilienfreien Zellen konnte er, wie v. LENHOSSÉK (1898 a), ein Diplosom nahe der Zelloberfläche wahrnehmen; daneben zeigten sich „zahlreiche Zellen mit Centralkörperballen". „Als weitere Übergangsbilder findet man Zellen, in denen der Ballen eine lockere Form zeigt, näher der Zelloberfläche gerückt ist und von einzelnen Basalkörpern mit Cilien überlagert ist." Den Endpunkt dieser Reihe bilden schließlich vollständig bewimperte Zellen, welche eine reguläre Basalkörperschicht zeigen.

So einleuchtend nun die Beweisführung BENDA's erscheinen mag, so ist sie doch nicht über allen Zweifel erhaben. Ob die Thatsache nämlich, daß in den Ependymzellen eines Gliasarkoms an Stelle des Centralkörperchens ein dichter Ballen von Körnchen gefunden wurde, so ausgelegt werden darf, daß hierin ein Übergang von dem Centralkörperchen zu den Basalkörperchen zu erblicken sei, ist durchaus nicht bewiesen. Es scheint vielmehr eine häufiger eintretende Erscheinung zu sein, daß sich bei gewissen pathologischen Vorgängen eine solche Vermehrung von Centralkörperchen vorfindet, ohne daß aus solchen Zellen nachher Flimmerzellen mit Basalkörperchen entstehen.

Bekanntlich fand HEIDENHAIN (1896, p. 232) bei pathologisch entstandenen und „in cellulärer Degeneration begriffenen" mehrkernigen Riesenzellen aus einer mesenterialen Lymphdrüse von einem jungen Kaninchen „häufig 40—50 Stück" von Centralkörperchen. Ähnliche Beobachtungen machte er auch an pathologischen einkernigen Riesenzellen aus dem Knochenmark.

Ebenso sah auch BROMAN (1900, p. 20) in Riesenspermatiden, d. h. in ebenfalls abnormen Zellen, bei Bombinator „zahlreiche Centralkörper".

Da wir es in allen diesen Fällen mit abnormen Zellen zu thun haben, so können daraus, wie Sobotta (1897, p. 65) und Boveri (1901, p. 147 ff.) mit Recht hervorheben, keine Schlüsse auf normale Zellen gezogen werden.

Gegen den vermeintlichen Nachweis der Entstehung der Basalkörperchen aus Centrosomenballen im Nebenhoden des Menschen lassen sich auch die unten näher auszuführenden Beobachtungen Gurwitsch's (1901) anführen.

Schlußfolgerung.

Wenn wir nun die verschiedenen Thatsachen, welche v. Lenhossék und Henneguy als Stütze ihrer Hypothese aufgestellt haben, gegen einander abwägen, so kommen wir zu folgendem Resultat.

Für die centrosomale Natur der Basalkörperchen spricht die Beobachtung, daß bei der Spermatogenese der Tiere der Achsenfaden von einem Centrosom entsteht, welches an dessen Basis gewissermaßen als Basalkörperchen verharrt. Ebenso ist es sicher bewiesen, daß bei den als „Centralgeißeln" beschriebenen Einrichtungen die Geißel aus einem Centrosom entspringt.

Von zweifelhafter Beweiskraft für die v. Lenhossék-Henneguy-sche Hypothese sind folgende Punkte: Die Lage der Centrosomen ist bei Epithelzellen zwar eine oberflächliche, unterscheidet sich aber von der der Basalkörperchen nach Heidenhain's (1899 a, p. 105) Angaben dadurch, daß diese der äußeren Grenzmembran „implantiert" sind, während die Centrosomen unterhalb derselben liegen. Die Behauptung, daß bei den Spermatozoiden einiger Gymnospermen (Ginkgo, Zamia Cycas) die Cilien aus einem centrosomaähnlichen Gebilde, dem „Blepharoplasten" entstehen, ist von verschiedenen Seiten, zuletzt von Strasburger (1900) bekämpft worden. Bezüglich der vermeintlichen Übereinstimmung der Basalkörperchen und Centrosomen hinsichtlich der Färbung mit Eisenhämatoxylin konnte nachgewiesen werden, daß dieselbe nicht ganz zutrifft, und außerdem nicht beweisend sein kann, da sich noch verschiedene Zellbestandteile gleich tiefschwarz färben. Auch Benda's (1901) Beobachtung eines Überganges von Centrosomen zu Basalkörperchen ist nicht einwandsfrei bewiesen.

Gegen die centrosomale Entstehung der Basalkörperchen spricht vor allem der Nachweis von Centrosomen in Flimmerzellen, der jetzt bei den verschiedensten Wimperepithelien geglückt ist. Ebenso zeigen die unten zu erwähnenden Befunde Gurwitsch's (1901) über

die Entstehung der Basalkörperchen in überzeugender Weise die Unhaltbarkeit der v. Lenhossék-Henneguy'schen Hypothese.

Schließlich weist auch das Vorhandensein von Basalkörperchen an den Wimperapparaten der Infusorien, bei denen ja nichts von einem centrosomaähnlichen Gebilde bekannt ist, darauf hin, daß die Basalkörperchen nicht von Centrosomen abstammen können. Denn daß die Infusorien ursprünglich Centrosomen besessen haben, daß diese aber jetzt ganz in die Bildung von Basalkörperchen aufgegangen seien, ist doch wohl nicht anzunehmen.

Aus diesen Erwägungen folgt nun, daß zwar in einzelnen abweichenden Fällen (Spermatiden, Centralgeißeln) die Cilien aus Centrosomen hervorsprossen, wobei diese die Rolle von Basalkörperchen spielen. Bei den gewöhnlichen Flimmerzellen aber, sowie bei den Infusorien, kann von einer Abstammung der Basalkörperchen von Centrosomen nicht die Rede sein.

Wie haben wir uns nun die Entstehung der Basalkörperchen der Wimperzellen zu denken? Nach der Ansicht Heidenhain's (1899 a, p. 106) deutet die Implantation der Basalkörperchen in die Grenzmembran darauf hin, daß sie vielleicht geradezu als Differentiationsprodukte derselben aufgefaßt werden können.

Henry (1900, p. 284) versichert, daß „il n'y a pas de relation génétique entre les corpuscules basaux et les centrosomes", sondern daß „les pièces basales seraient des formations nouvelles, cytoplasmiques, indépendantes".

Gurwitsch (1900, p. 55) nimmt für die Flimmerzellen des Rachenepithels von Salamanderlarven an, daß die Basalkörperchen „aus den Basalteilen der Flimmerhaare durch Verdichtung und Differenzierung ihrer Substanz entstehen" könnten. „Es spricht nämlich dafür der Umstand, daß bei den sehr zahlreichen Flimmerhaaren einer jeden Zelle die Basalkörper ganz gleichzeitig auftreten, was bei einer Apposition von auswärts kaum zu erwarten wäre." An dem Tubarepithel von Kaninchen und dem Rachenepithel der Bufolarven fand Gurwitsch (1901, p. 187, 193), daß die Basalkörperchen vor den Cilien auftreten. Sie entstehen „als Verdickungen in den Knotenpunkten des wabigen Zellsaumes", bei welchem wir es „stets mit einem scharf abgegrenzten hyalinen Saum zu thun" haben, „welcher implicite das Material für die Flimmerhaare und Basalkörper enthält". Nach der Bildung der Basalkörperchen sprossen aus diesen die Cilien hervor.

Durch die interessanten Untersuchungen Gurwitsch's scheint die v. Lenhossék-Henneguy'sche Hypothese von der centrosomalen

Entstehung der Basalkörperchen für die Flimmerzellen endgültig widerlegt zu sein. Die Basalkörperchen der Wimperzellen entstehen wahrscheinlich als cytoplasmatische Gebilde an der Zelloberfläche und sind als besondere Verdichtungen an der Wurzel der Cilien aufzufassen, die sich dank ihrer dichteren Beschaffenheit stark färben.

Litteraturverzeichnis.

Apáthy, St. (1897): Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu den Zellen. Mitteilungen aus der zoolog. Station zu Neapel, XII. Bd. (1897), p. 495—748, Taf. 23—32.

— (1901): (Briefliche Mitteilung bei Gurwitsch 1901.) Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entw., LVII. Bd. (1902), p. 192 Anm.

Ballowitz, E. (1889): Fibrilläre Struktur und Kontraktilität. Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie, XLVI. Bd. (1890), p. 433—464.

— (1898): Notiz über die oberflächliche Lage der Centralkörper in Epithelien. Anat. Anz., XIV. Bd. (1898), p. 369—372.

Bardeleben, K. v. (1897a): Über die Entstehung der Achsenfäden bei menschlichen und Säugetier-Spermatozoen. Anat. Anz., XIV. Bd. (1897), p. 145—147.

— (1897b): Beiträge zur Histologie des Hodens und zur Spermatogenese beim Menschen. Arch. f. Anat. u. Phys. (Anat. Abt.) 1897, Suppl.-Bd., p. 193—234, Taf. IX—X.

— (1898): Weitere Beiträge zur Spermatogenese beim Menschen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw., XXXI. Bd. (1898), p. 475—520, Taf. XVIII—XX.

Belajeff (1897a): Über die Spermatogenese bei den Schachtelhalmen. Ber. d. deutschen botan. Gesellsch., XV. Bd. (1897).

— (1897b): Über die Ähnlichkeit einiger Erscheinungen in der Spermatogenese bei Tieren und Pflanzen. Ibidem.

— (1898): Über die Cilienbildner in den spermatogenen Zellen. Ber. d. deutschen botan. Gesellsch., XVI. Bd. (1898).

— (1899): Über die Centrosome in den spermatogenen Zellen. Ber. d. deutschen botan. Gesellsch., XVII. Bd. (1899).

Benda, C. (1898): Über die Spermatogenese der Vertebraten und höherer Evertebraten. II. Teil: Die Histiogenese der Spermien. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Phys. Abt.), 1898, p. 393—398.

— (1899): Weitere Mitteilungen über die Mitochondria. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Phys. Abt.), 1899, p. 376—383.

— (1901): Über neue Darstellungsmethoden der Centralkörperchen und die Verwandtschaft der Basalkörper der Cilien mit Centralkörperchen. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Phys. Abt.), 1901, p. 147—157.

Bidder, G. (1896): The Collar-cells of Heterocoela. Quart. Journal of microscop. Science, XXXVIII. Bd. (1896), p. 9—43, Pl. 2.

Blochmann, F. (1894a): Kleine Mitteilungen über Protozoen. Biolog. Centralblatt, XIV. Bd. (1894), p. 82—91; 3 Textfiguren.

BLOCHMANN, F. (1894b): Zur Kenntnis von Dimorpha mutans GRUB. Biolog. Centralblatt, XIV. Bd. (1894), p. 197—200; 3 Textfiguren.

— (1895): Die mikroskopische Tierwelt des Süßwassers. Abt. I Protozoa. Hamburg 1895.

BOVERI, TH. (1901): Über die Natur der Centrosomen. Zellenstudien. Heft 4. Jena (Fischer), 1901.

BRAUER, A. (1886): Bursaria truncatella unter Berücksichtigung anderer Heterotrichen und der Vorticellinen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw., XIX. Bd. (1886), p. 489—519, Taf. IV.

BROMAN, J. (1900): Über Riesenspermatiden bei Bombinator igneus. Anat. Anz., XVII. Bd. (1900), p. 20—30, 10 Textfiguren.

BÜTSCHLI, O. (1876): Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Konjugation der Infusorien. Abh. d. Senckenb. Naturf. Gesellsch., X. Bd. (1876).

— (1889): Protozoa, III. Abt.: Infusoria und System der Radiolaria. BRONN's Klassen und Ordnungen des Tierreichs, I. Bd., III. Abt. (1887—89).

— (1896): Weitere Ausführungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Leipzig (Engelmann) 1896.

CLAPARÈDE et LACHMANN (1858—60): Études sur les infusoires et les rhizopodes. Mémoires de l'institut Genevois, T. V, VI et VII (1858—1860).

DANGEARD, P. A. (1901): Étude comparative de la zoospore et du spermatozoïde. Le Botaniste, 7e Série, 6e fascicule (1901). Extrait, p. 1—4; 3 Textfig.

EIMER, TH. (1874): Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der Samenfäden. Verh. d. physik.-medizin. Ges. in Würzburg, N. F. VI. Bd. (1874), p. 93—136, Taf. V.

— (1877): Weitere Nachrichten über den Bau des Zellkerns, nebst Bemerkungen über Wimperepithelien. Arch. f. mikroskop. Anatomie, XIV. Bd. (1877), p. 94—118; Taf. VII.

EISMOND, J. (1900): Über die Natur der sogenannten kinetischen Centren der Zellen. Verh. d. anatom. Gesellsch. in Pavia (1900), p. 125—140; 5 Fig.

ENGELMANN, TH. W. (1880): Zur Anatomie und Physiologie der Flimmerzellen. PFLÜGER's Archiv f. d. ges. Physiol., XXIII. Bd. (1880), p. 505—535, Taf. V.

ERLANGER, R. v. (1897): Bemerkungen über die wurmförmigen Spermatozoen von Paludina vivipara. Anat. Anz., XIV. Bd. (1898), p. 164—167, 1 Textfig.

FISCHEL, A. (1900): Zur Histologie der Urodelen-Cornea und des Flimmerepithels. Anatomische Hefte, XV. Bd., Heft 2 (1900), p. 231—266, Taf. XXVII.

FRANZÉ, R. (1894): Die Polytomeen, eine morphol.-entwicklungsgesch. Studie. PRINGSHEIM's Jahrb. f. wiss. Botan., XXVI. Bd. (1894), p. 95 ff., Taf. XV—XVIII, 12 Textfiguren.

FRENZEL, J. (1886): Zum feineren Bau des Wimperapparates. Arch. f. mikroskop. Anatomie, XXVIII. Bd. (1886), p. 53—80, Taf. VIII.

— (1892): Untersuchungen über die mikroskopische Fauna Argentiniens. I. Die Protozoa. Bibliotheca zoologica. 1892. Kassel (Th. Fischer).

FRIEDREICH (1858): Einiges über die Struktur in Cylinder- und Flimmerepithelien. VIRCHOW's Archiv, XV. Bd. (1858), p. 535—539.

FÜRST, C. M. (1900): Haarzellen und Flimmerzellen. Anat. Anz., XVIII. Bd. (1900), p. 190—203, 6 Textfiguren.

GURWITSCH, A. (1900): Zur Entwicklung der Flimmerzellen. Anat. Anz., XVII. Bd. (1900), p. 49—58, 5 Textfiguren.

Gurwitsch, A. (1901): Studien über Flimmerzellen. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LVII. Bd. (1901), p. 184—229, Taf. XI—XII.

Hammar, J. A. (1897): Über Sekretionserscheinungen im Nebenhoden des Hundes. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Anat. Abt.) 1897, Suppl.-Bd., p. 1—42, Taf. I—IV.

Heidenhain, M. und Cohn, Th. (1896): Über die Mikrocentren in den Geweben des Vogelembryos, insbesondere über die Cylinderzellen und ihr Verhältnis zum Spannungsgesetz. Morphologische Arbeiten (Schwalbe), VII. Bd. (1897), p. 200—224, 4 Textfiguren

Heidenhain, M. (1896): Über die Mikrocentren mehrkerniger Riesenzellen, sowie über die Centralkörperfrage im Allgemeinen. Morphologische Arbeiten (Schwalbe), VII. Bd. (1897), p. 225—280, 20 Textfiguren.

— (1899a): Beiträge zur Aufklärung des wahren Wesens der faserförmigen Differenzierungen. Anat. Anz., XVI. Bd. (1899). p. 97—131, 15 Textfig.

— (1899b): Über die Struktur der Darmepithelzellen. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LIV. Bd. (1899), p. 184—224, Taf. X—XI.

— (1899c): Über eine eigentümliche Art protoplasmatischer Knospung an Epithelzellen und ihre Beziehung zum Mikrocentrum. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LIV. Bd. (1899), p. 59—67, Taf. IV.

Heider (1886): Zur Metamorphose der Oscarella lobularis O. Schm. Arbeiten aus d. zool. Institut Wien, VI. Bd. (1886), p. 175—236, 3 Taf.

Henneguy, L. F. (1898): Sur les rapports des cils vibratiles avec les centrosomes. Archives d'anatomie microscopique, T. I (1898), p. 482—496, 10 Textfig.

Henry, A. (1900): Étude histologique de la fonction secrétoire de l'épididyme chez les vertébrés supérieurs. Archives d'anatomie microscopique, T. III (1899—1900), p. 229—292, Taf. XII—XIV.

Hermann, F. (1889): Beiträge zur Histologie des Hodens. Arch. f. mikr. Anat., XXXIV. Bd. (1889), p. 58–106, Taf. III—IV.

— (1897): Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., L. Bd. (1897), p. 276—315, Taf. XVII.

Hesse, R. (1900): Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. VI. Die Augen einiger Mollusken. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, LXVIII. Bd. (1900), p. 379—477.

— (1901): Untersuchungen etc. VII. Von den Anthropodenaugen. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, LXX. Bd. (1901), p. 347—473, Taf. XVI—XXI.

Hirase (1894): Notes on the Attractions-spheres in the Pollen-cells of Ginkgo biloba. The Botanical Magazin Tokyo, Vol. VIII (1894).

— (1895): Études sur la fécondation et l'embryogénie du Ginkgo biloba. Journ. of the College of Science, Imp. Univers. Tokyo, Vol. VIII (1895).

— (1898): Études sur la fécondation et l'embryogénie du Ginkgo biloba. Journ. of the Coll. of Sc., Imp. Univers. Tokyo, Vol. XII Part. II (1898).

Hoyer, H. (1899): Über das Verhalten der Kerne bei der Konjugation des Infusors Colpidium colpoda St. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LIV. Bd. (1899), p. 95—134, Taf. VII.

Ikeno, S. (1898a): Zur Kenntnis des sog. centrosomähnlichen Körpers im Pollenschlauch der Cycadeen. Flora (1898), LXXXV. Bd., und Jahrb. f. wiss. Bot., XXXII. Bd.

— (1898b): Untersuchungen über die Entwicklung der Geschlechtsorgane und den Vorgang der Befruchtung bei Cycas revoluta. Journ. of the Coll. of Sc. Imp. Univers. Tokyo, Vol. XII (1898), p. 151–214, Taf. X—XVII. Separat.

JOHNSON, H. P. (1893): A contribution to the morphology and biology of the Stentors. Journ. of Morphology, Vol. VIII (1893), p. 467—562, Pl. XXIII—XXVI.

JOUKOWSKY, D. (1898): Beiträge zur Frage nach den Bedingungen der Vermehrung und des Eintritts der Konjugation bei den Ciliaten. Verh. d. naturh.-mediz. Ver. zu Heidelberg. N. F. VI. Bd. (1898—1901), p. 17—42, 3 Textfiguren.

KLEBS, G. (1893): Flagellatenstudien II. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, LV. Bd. (1893), p. 353—445, Taf. XVII—XVIII.

KORFF, K. v. (1899): Zur Histogenese der Spermien von Helix pomatia. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LIV. Bd. (1899), p. 291—296, Taf. XVI.

KUNSTLER, J. (1882): Contribution à l'étude des flagellés. Bull. soc. zool. de France, VII. Année (1882), p. 1—112, 3 Tafeln.

LANG, A. (1901): Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere. 2. Aufl., 2. Lieferung: Protozoa. Jena (G. Fischer) 1901.

LENDENFELD, v. (1896): Die Clavulina der Adria. Nova acta K. Leop. Akad. LXIX (1896).

— (1897): Der Tierstamm der Spongien. Der zoolog. Garten, 38. Jahrg. Frankfurt 1897.

LENHOSSÉK, M. v. (1897): (Vorläufige Mitteilung zur Spermatogenese der Ratte.) Tübingen (privatim gedruckt) 1897.

— (1898a): Über Flimmerzellen. Verh. der anatom. Gesellsch. zu Kiel (1898), p. 106—128, 3 Textfiguren.

— (1898b): Untersuchungen über Spermatogenese. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LI. Bd. (1898), p. 215—318, Taf. XII—XIV.

MARCHAND, F. (1894): Über das Vorkommen von Trichomonas im Harne eines Mannes, nebst Bemerkungen über Trichomonas vaginalis. Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenkunde, XV. Bd. (1894), p. 709—720, 1 Tafel.

MAUPAS, E. (1883): Contribution à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés. Arch. de zoologie expér. et génér. II. Série, T. I (1883), p. 427—664, Taf. XIX—XXIV.

— (1885): Sur Coleps hirtus (EHRENBERG). Arch. de zoologie expér. et génér. II. Série, T. III (1885), p. 337—367, Pl. XVII.

MEISENHEIMER, J. (1899): Zur Morphologie der Urniere der Pulmonaten. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, LXV. Bd. (1899), p. 709—724, Taf. XXXIII.

MEVES, F. (1897a): Über Centralkörper in männlichen Geschlechtszellen von Schmetterlingen. Anat. Anz., XIV. Bd. (1897), p. 1—6, 2 Textfiguren.

— (1897b): Über Struktur und Histiogenese der Samenfäden von Salamandra maculosa. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., L. Bd. (1897), p. 110—141, Taf. VII—VIII.

— (1897c): Zur Entstehung der Achsenfäden menschlicher Spermatozoen. Anat. Anz., XIV. Bd. (1897), p. 168—170, 2 Textfiguren.

— (1899): Über Struktur und Histogenese der Samenfäden des Meerschweinchens. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LIV. Bd. (1899), p. 329—402, Taf. XIX—XXI.

MINCHIN, E. A. (1896): Note on the larva and the postlarval development of Leucosolenia variabilis H., with remarks on the development of other Asconidae. Proceed. Roy. Soc., Vol. LX (1896), p. 43—53, 7 Figuren.

MOORE, J. E. S. (1896): On the structural changes in the reproductive cells during the Spermatogenesis of Elasmobranchs. Quart. Journ. of micr. science, XXXVIII. Bd. (1896), p. 275—313, Pl. XIII—XVI.

Nicolas (1891): Contribution à l'étude des cellules glandulaires. Journ. intern. d'anat. et de physiol., T. VIII (1891).

Nusbaum, J. (1899): Die Entstehung des Spermatozoon aus der Spermatide bei Helix lutescens Ziegl. Anat. Anz., XVI. Bd. (1899), p. 171—180, 7 Textfig.

Nussbaum, M. (1877): Ein Beitrag zur Lehre von der Flimmerbewegung. Arch. f. mikr. Anat., XIV. Bd. (1877), p. 390—394, Taf. XXVII.

Peter, K. (1899): Das Centrum für die Flimmer- und Geißelbewegung. Anat. Anz., XV. Bd. (1899), p. 271—293, 4 Textfiguren.

Plenge, H. (1899): Über die Verbindungen zwischen Geißel und Kern bei den Schwärmerzellen der Mycetozoen und bei Flagellaten und über die an Metazoen aufgefundenen Beziehungen der Flimmerapparate zum Protoplasma und Kern. Verh. d. naturh.-medizin. Ver. zu Heidelberg, N. F. VI. Bd. (1899), p. 217—276, Taf. IV.

Prenant, A. (1899): Cellules vibratiles et cellules à plateau. Bibliographie anatamique, Tome VII (1899), p. 21—38.

— (1900): Notes cytologiques. V. Contribution à l'étude des cellules ciliées et des éléments analogues. 1° Cellules visuelles des Hirudinées. Cils intracellulaires. Arch. d'anat. microsc., T. III (1899—1900), p. 101—121, Pl. V.

Prowazek, S. (1897): Vitalfärbungen mit Neutralrot an Protozoen. Zeitschr. f. wiss. Zool., LXIII. Bd. (1897), p. 187—194, Taf. IX.

— (1899): Kleine Protozoenbeobachtungen. Zool. Anz., XXII. Bd. (1899), p. 339—345.

— (1901): Zellthätigkeit und Vitalfärbung (vorläufige Mitteilung). Zool. Anz., XXIV. Bd. (1901), p. 455—460.

Pütter, A. (1900): Studien über Thigmotaxis bei Protisten. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Phys. Abt.) 1900, Suppl.-Bd., p. 243—302.

Schewiakoff, W. (1889): Beiträge zur Kenntnis der holotrichen Ciliaten. Bibliotheca zooligica. Heft 5 (1889). Kassel (Th. Fischer).

Schuberg, A. (1886—87): Über den Bau der Bursaria truncatella; mit besonderer Berücksichtigung der protoplasmatischen Strukturen. Morphol. Jahrb., XII. Bd. (1887), p. 333—365, Taf. XIX—XX.

— (1891): Zur Kenntnis des Stentor coeruleus. Zool. Jahrb. (Abt. f. Anat. u. Ontog.), IV. Bd. (1891), p. 197—238, Taf. XIV.

Shaw, W. R. (1898): Über die Blepharoblasten bei Onoclea und Marsilia. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., XVI. Bd. (1898).

Sobotta, J. (1897): Die Reifung und Befruchtung des Eies von Amphioxus lanceolatus. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., L. Bd. (1897), p. 15—71, Taf. II—V.

Sterki, V. (1878): Beiträge zur Morphologie der Oxytrichinen. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, XXXI. Bd. (1878), p. 29—58, Taf. IV.

Strasburger, E. (1900): Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich. Histologische Beiträge, Heft VI. Jena (G. Fischer) 1900.

Studnička, F. K. (1899): Über Flimmer- und Cuticularzellen mit besonderer Berücksichtigung der Centrosomenfrage. Sitz.-Ber. d. kgl. böhm. Gesellsch. d. Wiss. (Math.-naturwiss. Klasse), Jahrg. 1899, No. XXXV, p. 1—22, 1 Tafel.

Suzuki, B. (1898): Notiz über die Entstehung des Mittelstückes der Samenfäden von Selachiern. Anat. Anz., XV. Bd. (1898), p. 125—131, 6 Textfiguren.

TÖNNIGES, C. (1898): Die feineren Bauverhältnisse von Opalina ranarum. Sitz.-Ber. d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturw. in Marburg, Jahrg. 1898, p. 126—134, 1 Textfigur.

VERWORN, M. (1891): Studien zur Physiologie der Flimmerbewegung. PFLÜGER's Archiv f. d. ges. Physiol., XLVIII. Bd. (1891), p. 149—180.

— (1901): Allgemeine Physiologie. III. Aufl. Jena (G. Fischer) 1901.

VIGNON, P. (1900a): Différenciations cytoplasmiques, cils vibratiles et cuticules. Arch. de zool. expér. et génér., III. Série, T. VIII, p. III—XVIII, 7 Textfig.

— (1900b): Sur la signification des granulations basilaires des cils. Comptes rendus, Tome CXXXI (1900), p. 1232—1234.

WALLENGREN, H. (1901): Zur Kenntnis des Neubildungs- und Resorptionsprozesses bei der Teilung der hypotrichen Infusorien. Zool. Jahrb., XV. Bd. (1901), p. 1—58, Taf. I, 28 Textfiguren.

WEBBER, H. J. (1896—97): Peculiar structures occuring in the Pollen tube of Zamia. Botanical Gazette, Vol. XXIII (1896—97).

— (1897—98a): The development of the Antherozoids of Zamia. Botanical Gazette, Vol. XXIV (1897—98).

— (1897—98b): Notes on the fecundation of Zamia, and the Pollen tube apparatus of Ginkgo. Ibidem.

WELTNER, W. (1896): Über Spongilla. Blätter für Aquarien- und Terrarienfreunde, VII. Bd. (1896). p. 277—285.

ZELLER, E. (1877): Untersuchungen über die Fortpflanzung und die Entwicklung der in unseren Batrachiern schmarotzenden Opalinen. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, XXIX. Bd. (1877), p. 352—379, Taf. XXIII—XXIV.

ZIMMERMANN, K. W. (1894): (Demonstrationen über die Centralkörperchen in Epithelzellen. Vorläufige Mitteilung.) Verh. d. anat. Gesellsch. in Straßburg, 1894, p. 245.

— (1898): Beiträge zur Kenntnis einiger Drüsen und Epithelien. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw., LII. Bd. (1898), p. 552—706, Taf. XXVII—XXIX.

Figurenerklärung.

Die Vergrößerung der Abbildungen entspricht, wenn nicht anders angegeben, ZEISS Ocular 6, homog. Immers. $^1/_{12}$; sie sind mit Hilfe des Zeichenapparates hergestellt. Zur Färbung wurde fast durchweg HEIDENHAIN'sches Eisenhämatoxylin-Bordeauxrot angewendet.

Allgemein gültige Bezeichnungen.

Al = Alveolarschicht	Ma = Makronucleus
Az = Adorale Zone	Mi = Mikronucleus
B = Basalkörperchen	Mb = Undulierende Membran
Bl = Basallamelle	Ml = Membranelle
Bs = Basalsaum	Mu = Cytostom
C = Cilie	N = Nahrungskörper
Co = Corticalplasma	P = Pellicula
Ec = Ektoplasma	R = Reusenstäbchen
En = Endoplasma	S = Cytopharynx
J = Inhaltskörper	Sw = Cytopharynxwand
M = Myonem	T = Trichocyste

l = links, r = rechts.

Tafel I.

Fig. 1 a—c. Opalina ranarum Stein.

a) Flächenschnitt; F = Furchen der Oberfläche.
b) Schnitt parallel den Cilienreihen; P + Al = äußeres Ektoplasma, K = Kern, J = scheibenförmige Körperchen im Endoplasma.
c) Schnitt senkrecht zu den Cilienreihen; Bezeichnung wie bei a und b.

Fig. 2 a—c. Prorodon teres Ehrbg.

a) Oberflächenschnitt am Cytostom; Km = Kanal des Myonems, J = scheibenförmige Inhaltskörperchen im Corticalplasma.
b) Querschnitt; Bezeichnung wie bei a.
c) Längsschnitt durch das Cytostom; Bezeichnung wie bei a, ferner Mr und Mr' = Myoneme des Reusenapparates. Zeiss 3, $^1/_{12}$.
d) Prorodon (species?). Querschnitt. Zeiss 8, $^1/_{12}$.

Fig. 3 a—b. Chilodon uncinatus Ehrbg. (?)

a) Flächenschnitt der Bauchseite; R_5 = fünfte Cilienreihe des rechten Seitenrandes, Z = sog. Zone, Cvw = Wand der kontraktilen Vakuole, Cvp = Porus der kontraktilen Vakuole.
b) Querschnitt in der Richtung, die in a durch die beiden Striche markiert ist.
c) Chilodon cucullulus Ehrbg. Querschnitt.

Fig. 4 a—d. Coleps hirtus O. F. M.

a) Flächenschnitt aus der äquatorialen Region des Körpers; Pp = Panzerplatten (nur im Umriß angegeben, da an den fixierten und gefärbten Präparaten von dem feineren Bau derselben nichts mehr zu erkennen war).
b) Querschnitt.
c) Reusenapparat, Totalansicht, mit dem Umriß des Körpers.
d) Längsschnitt durch den Cytopharynx.

Fig. 5. Glaucoma scintillans Ehrbg.

Längsschnitt; Mbp = perorale Membran, Mbe = endorale Membran, Cv = kontraktile Vakuole, Ne = in Entstehung begriffene Nahrungsvakuole.

Fig. 6 a—d. Paramaecium caudatum Ehrbg.

a) Oberflächenschnitt; F = Feldchen.
b) Querschnitt; L = Leistchen, welche die Feldchen umgrenzen.
c) Längsschnitt; Ne = in Entstehung begriffene Nahrungsvakuole.
d) Trichocysten; Tk = Körper der Trichocyste, Tf = haarförmiger Fortsatz; 1—7 verschiedene Stadien der Ausschnellung.
e) Frontonia leucas Ehrbg. Trichocysten; Bezeichnung wie bei d, ferner 1—3 unausgeschnellte Trichocysten, 4 Querschnitt durch den Körper einer solchen, 5—6 ausgeschnellte Trichocysten (Zeiss 3, $^1/_{12}$).

Fig. 7 a—c. Ophryoglena Clap. u. L.

a) Flächenschnitt.
b) Querschnitt; J = Inhaltskörper im Endoplasma.
c) Querschnitt in der Gegend des Cytostoms; U = Uhrglasförmiger Körper.

Fig. 8 a—e. Nyctotherus cordiformis EHRBG.

a) Querschnitt; J = Körnchenhaufen im Endoplasma.

b) Schnitt senkrecht zur Bauchkante; Bw = Basalwulst.

c) Querschnitt durch den Cytopharynx, Mam = Membran des Makronucleus, F = Fasern am Basalwulst.

d) Schnitt parallel der Dorsalwand des Cytopharynx.

e) Längsschnitt durch die adorale Zone.

Tafel II.

Fig. 9 a—f. Bursaria truncatella O. F. M.

a) Querschnitt durch die Körperoberfläche.

b) Querschnitt durch das Septum.

c) Querschnitt durch die adorale Zone; Qs = Querstreifen des Peristoms.

d) Längsschnitt durch die adorale Zone.

e) Querschnitt durch die Mundspalte; Ph = Peristomeinsenkung, Sp = Stomatoplasma.

f) Trichocystenartige Gebilde nach Färbung mit Neutralrot; 1. im normalen Zustande, 2. beim Zerfließen, 3. nach dem Zerfließen des Tieres.

Fig. 10 a—c. Stentor niger EHRBG.

a) Flächenschnitt in der Gegend der adoralen Zone; St = Stirnfeld, Rc = Randcilienreihe.

b) Längsschnitt, der Fig. 10 a entsprechend; Z = Zoochlorellen, Ef = Endfädchen, Bf = Basalfibrille.

c) Längsschnitt durch die adorale Zone; Bezeichnung wie bei b.

Fig. 11 a—b. Spirostomum ambiguum EHRBG.

a) Flächenschnitt in der Gegend der adoralen Zone; Mz = Myonem der adoralen Zone, J = Inhaltskörper im Corticalplasma.

b) Querschnitt durch die adorale Zone, entsprechend der Fig. 11 a; Mr = Ringfasern im Corticalplasma, Ef = Endfädchen.

Fig. 12 a—d. Stylonychia histrio O. F. M.

a) Oberflächenschnitt in der Gegend des Peristomfeldes; Mbp = präorale Membran, Sc = Stirncirren, Bf = Basalfaser, J = Inhaltskörper im Endoplasma.

b) Querschnitt durch die adorale Zone.

c) Schiefer Querschnitt in der Stirngegend. Bezeichnung wie bei a, ferner Rb = Rückenborste.

d) Oberflächenschnitt am linken Rande der Bauchseite; Rc = Randcirre, Bf = Basalfaser.

e) Stylonychia mytilus O. F. M., lebend. Linker Rand der Bauchseite; Bezeichnung wie bei d.

Fig. 13 a—e. Carchesium polypinum EHRBG.

a) Längsschnitt (im physiologischen Sinne) durch ein festsitzendes Tier; V = Vestibulum quergetroffen, Ps = Peristomsaum, W = hinterer Wimperring, Cok = kegelförmige Corticalplasmaanhäufung, Ms = Stielmuskel, Ks = Körnchenstreifen, Ss = Stielscheide, J = Körnchen im Endoplasma.

b) Längsschnitt durch ein freischwimmendes Tier; V = Vestibulum längs getroffen, Psr = verdickter Rand des Peristomsaumes, Mbä = äußere (zonale) Membran, Mbi = innere (parorale) Membran, Mla = Membranula, Msp = pfropfartiger Rest des Stielmuskels.

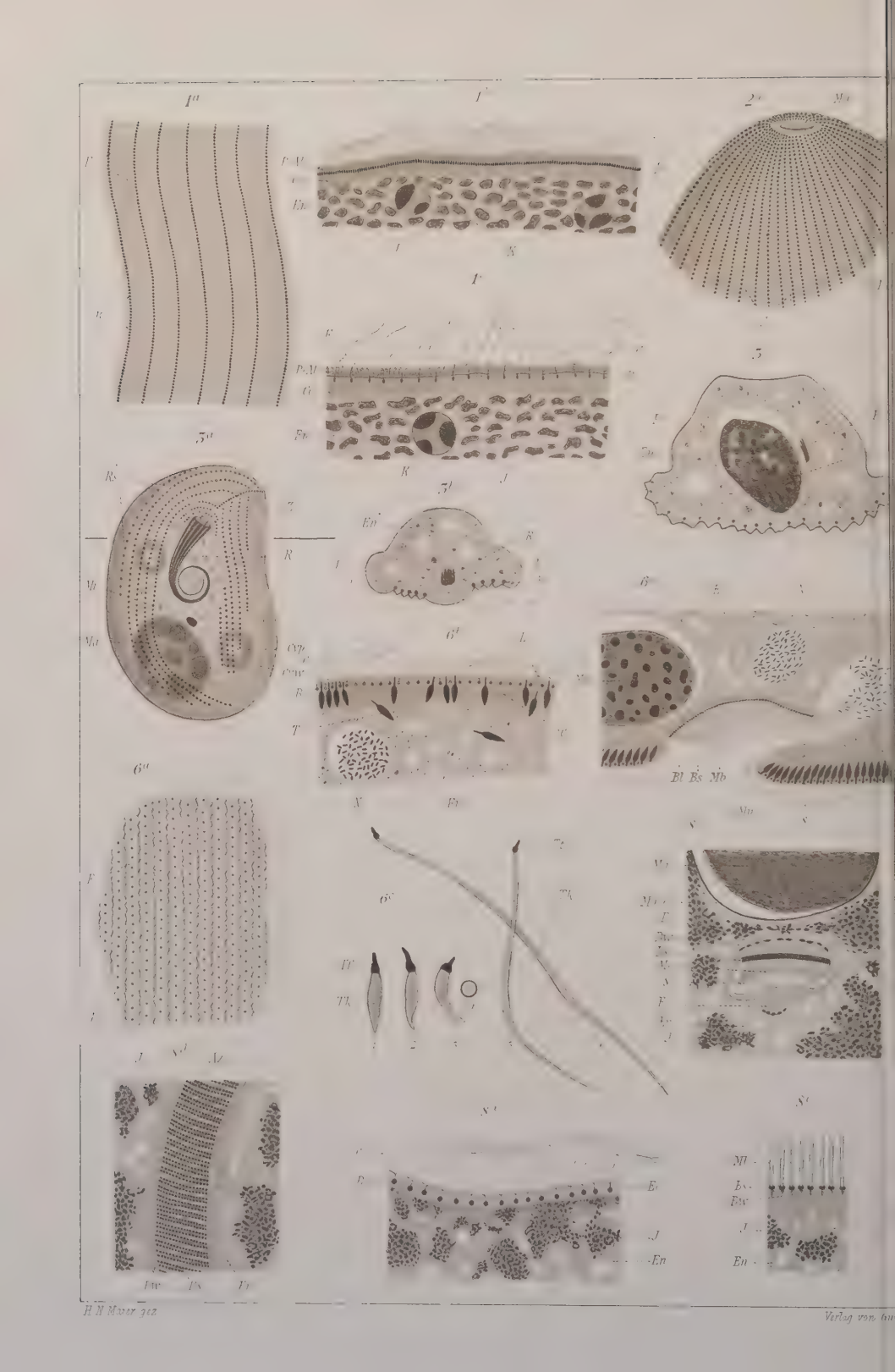
c) Querschnitt; V = Vestibulum von oben her angeschnitten.

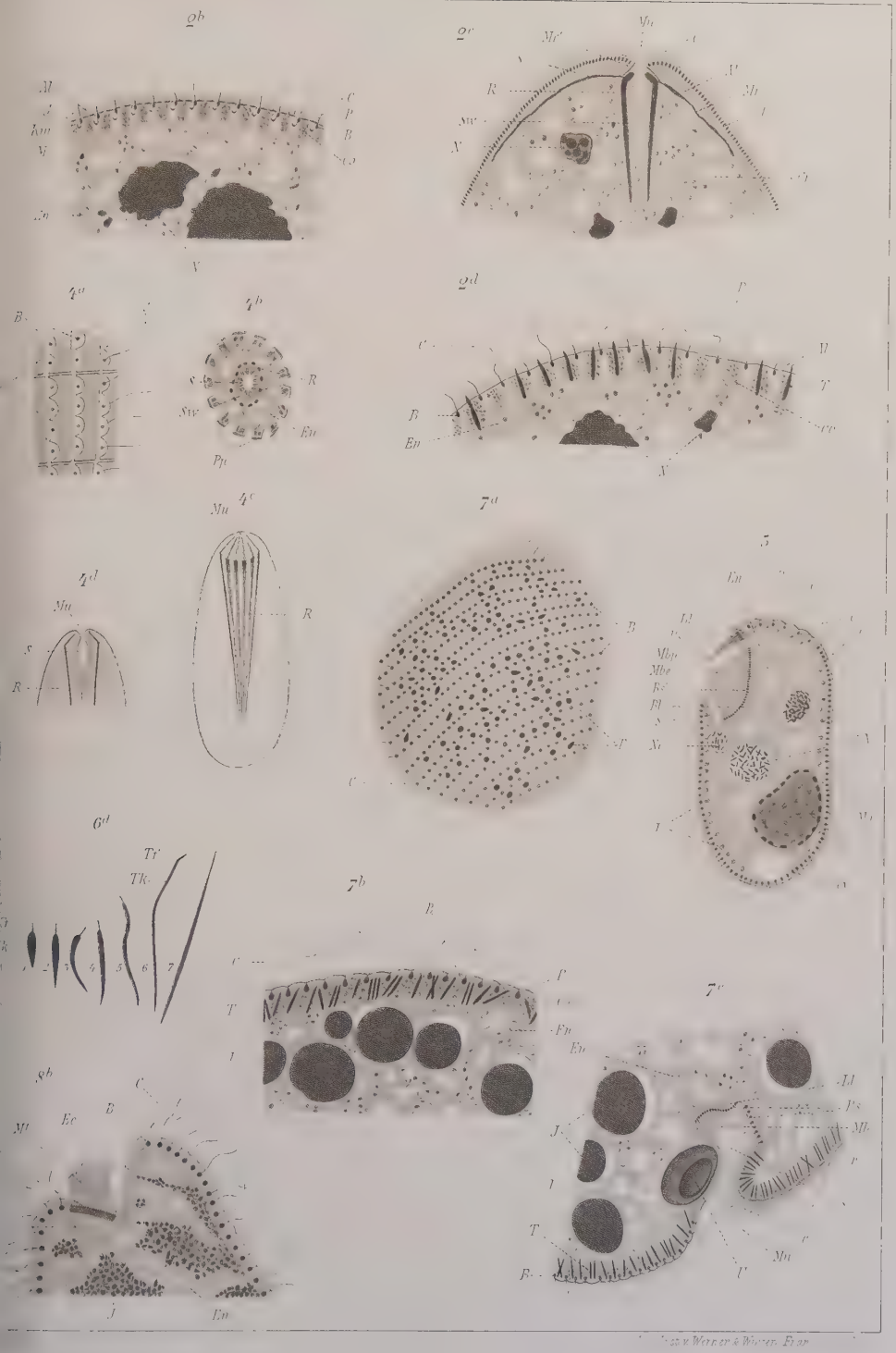
d) Oberflächenschnitt in der Region des hinteren Wimperkranzes.

e) Querschnitt in der Region des hinteren Wimperkranzes.

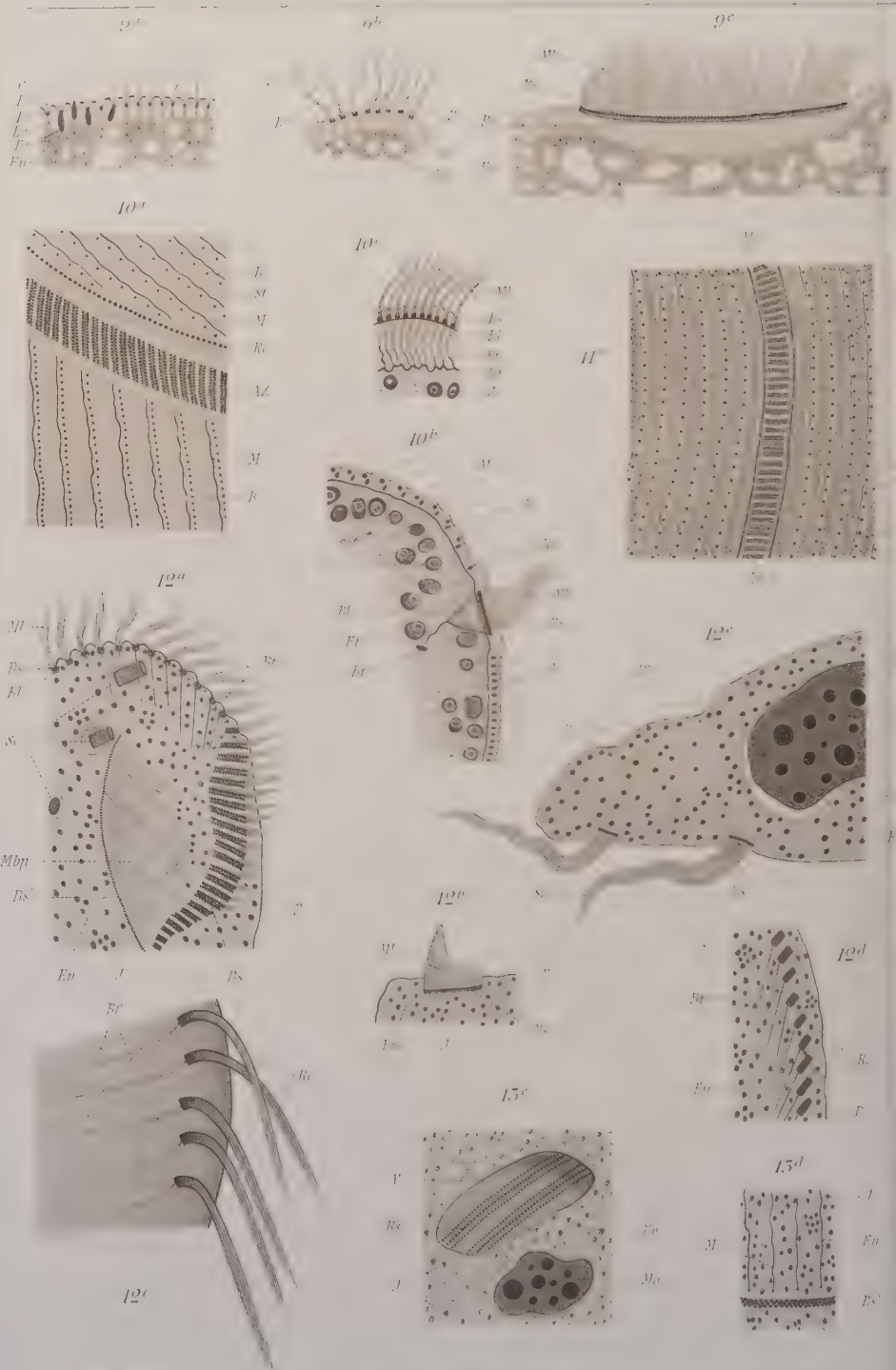
Fig. 14. Chlamydomonas pulvisculus Ehrbg.

G = Geißel, Rh = Rhizoplaste, Kn = knötchenförmige Verdickung des Rhizoplasten am Kerne, K = Kern, Ch = Chloroplast, Py = Pyrenoid.


1a
1
2
3a
3
3b
4
5a
5b
5
6a
6b
6c
7
8a
8b
8c

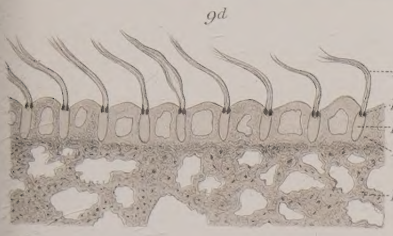


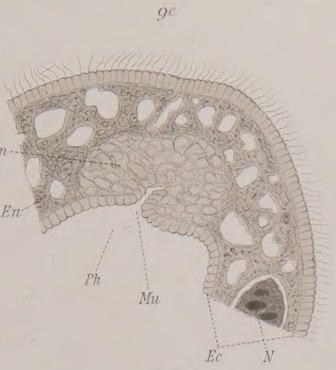
Lith. v. Werner & Winter, Frkf.

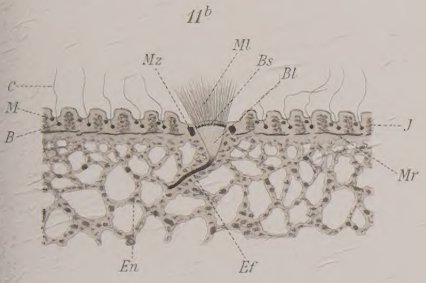


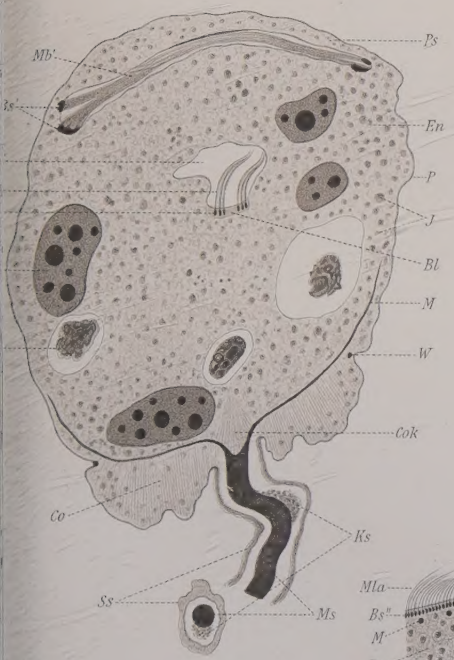
R.N. Maier gez.

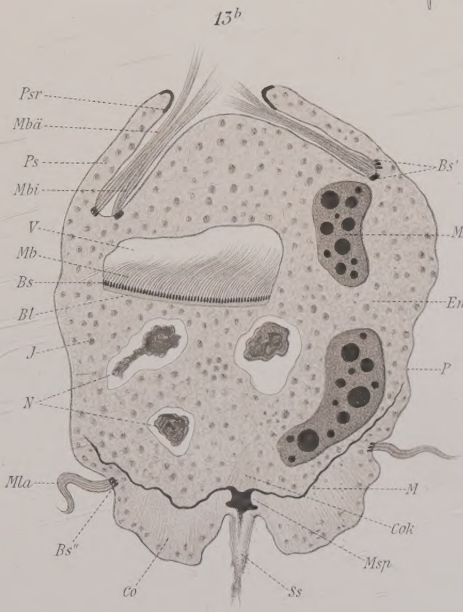
Verlag von Gu

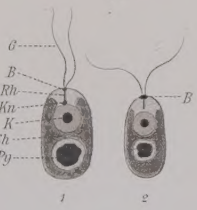












r in Jena.
lith Anst v Werner & Winter Frankfurt a/M

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a. S.